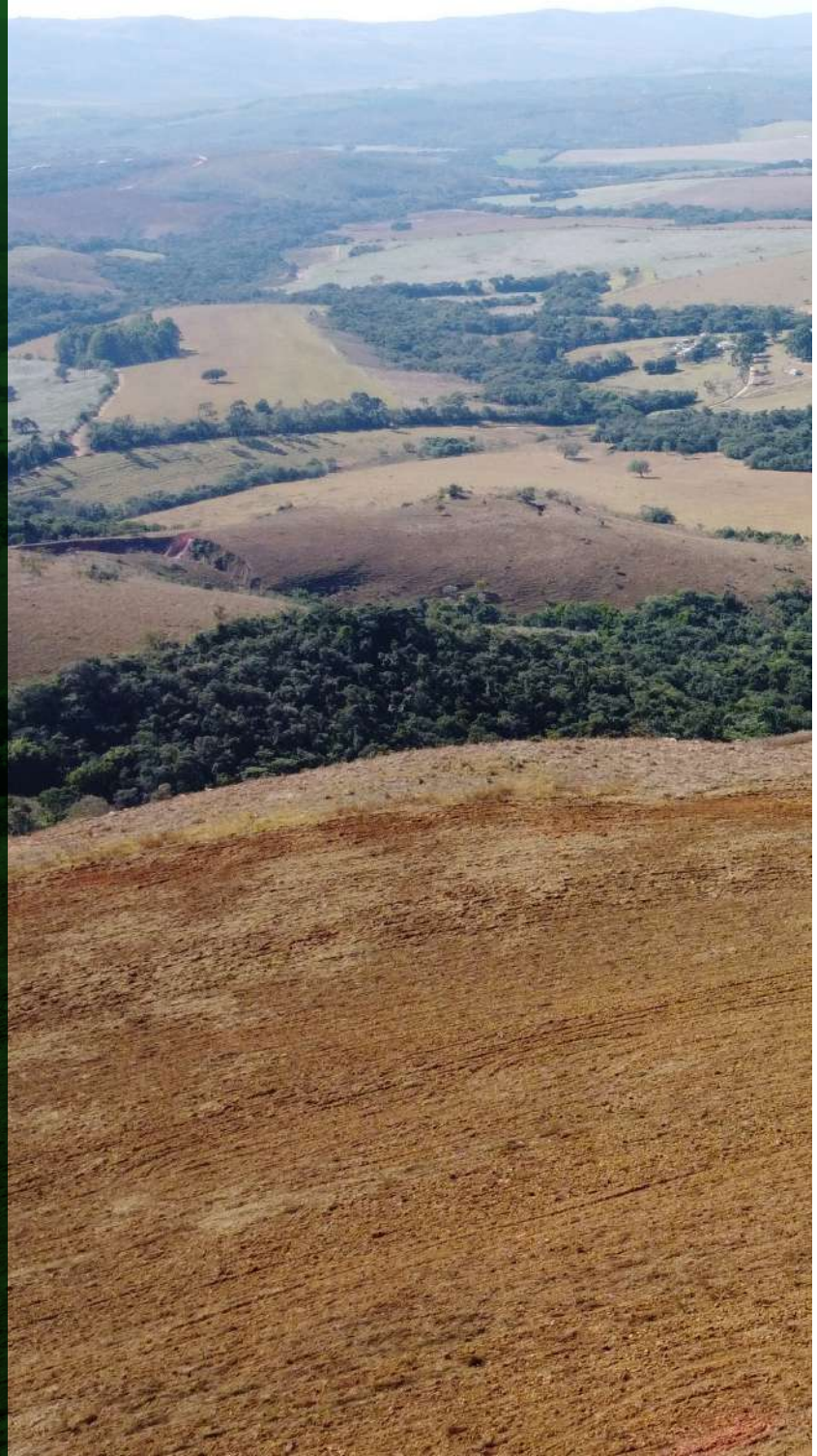
UFV Universidade Federal de Viçosa

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

METODOLOGIA DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NAS CABECEIRAS SELECIONADAS DAS **BACIAS DOS RIOS GRANDE**, **PARANAÍBA**, **SÃO FRANCISCO** E **PARNAÍBA**

1 CADERNO DE CARACTERIZAÇÃO



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Presidente: **Luiz Inácio Lula da Silva**
Vice-Presidente: **Geraldo José Rodrigues Alckmin Filho**

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MDR
Ministro do Desenvolvimento Regional: **Antônio Waldez Góes da Silva**
Secretaria Nacional de Segurança Hídrica Secretário: **Giuseppe Serra Seca Vieira**

Departamento de Recursos Hídricos e Revitalização de Bacias Hidrográficas
Diretor: **José Roberto Carlos Cavalcante**

Coordenação-Geral de Revitalização de Bacias Hidrográficas
Coordenadora Geral: **Tarsila Cezar de Noronha Pessoa**

Responsáveis Técnicos
Alexandre Saia
Ramille Araujo Soares de Paula

Secretária
Edrene Braga Pinto

MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

EQUIPE DE TRABALHO DO PROJETO

Prof. José Ambrósio Ferreira Neto
DSc. Cientista Social, Coordenador Geral - Departamento de Economia Rural

Prof. Antônio Carlos Brunozi Júnior
DSc. Cientista Contábil, Departamento de Administração e Contabilidade

Prof. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Solos

Prof. Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Solos

Prof. Demetrius David da Silva
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Engenharia Agrícola

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Solos

Prof. Evandro Rodrigues de Farias
DSc. Administração, Departamento de Administração e Contabilidade

Prof. Márcio Rocha Francelino
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Solos

Prof. Ricardo Santos Silva Amorim
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Engenharia Agrícola

Prof. Wilson da Cruz Vieira
DSc. Engenheiro Agrônomo, Departamento de Economia Rural

Bianca Diniz da Rocha
MSc. Engenheira Florestal, Departamento de Economia Rural

Clívia Dias Coelho
DSc. Engenheira Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola

Ernani Lopes Possato
DSc. Engenheiro Florestal, Departamento de Engenharia Florestal

Gustavo Vieira Veloso
DSc. Engenheiro Agrícola, Departamento de Solos

Mariane Paulina Batalha Roque
DSc. Geógrafa, Departamento de Economia Rural

Pedro Christo Brandão
DSc. Engenheiro Florestal, Departamento de Solos

Lucas Vieira Silva
Graduando de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Manuelle de Freitas Galvão
Graduanda de Engenharia Agrícola e Ambiental

Projeto gráfico e diagramação
Editora Asa Pequena

UFV
Universidade Federal de Viçosa

APRESENTAÇÃO

A conversão da cobertura do solo por meio da exploração dos recursos naturais para a implantação de sistemas agropecuários de uso intensivo e extensivo favoreceram a fragmentação dos ambientes naturais e os processos de degradação ao longo das últimas décadas. Os reflexos negativos desta degradação, sobretudo em áreas que o uso estava em dissonância com suas potencialidades e aptidões, incluem: redução da diversidade da flora e fauna; diminuição da quantidade e qualidade da água; e intensificação dos processos erosivos. Além dos efeitos diretos ao ambiente, a degradação do solo e da água pode ter consequências nocivas para a capacidade produtiva e a socioeconomia local.

Para reverter a degradação nos ambientes rurais, é fundamental implementar ações de restauração de ambientes naturais ou de mitigação dos impactos, como o uso de técnicas conservacionistas do solo e da água em áreas cultivadas. No entanto, há um descompasso entre a extensão total de área que pode se beneficiar dessas ações e os recursos disponíveis para essa finalidade. Nesse processo, se faz necessário também considerar as externalidades da dinâmica social e econômica de modo que as ações de recuperação ambiental se configurem também como oportunidades de geração

de emprego e renda para as comunidades envolvidas. Por isso, é crucial utilizar ferramentas de análise de inteligência territorial para identificar as áreas vulneráveis onde a implantação das ações de recuperação ou mitigação possibilitará a maior preservação e, consequentemente, o maior potencial de retorno dos serviços ecossistêmicos desejáveis.

Nesse contexto, a equipe multidisciplinar da Universidade Federal de Viçosa (UFV) desenvolveu uma metodologia de priorização de áreas para recuperação ambiental, com o objetivo de fornecer subsídios para a determinação locacional da aplicação de recursos e insumos destinados à recuperação ambiental, visando a otimização de ganhos sociais e ambientais nas áreas das bacias hidrográficas. O método é baseado na análise integrada do meio físico e da socioeconomia, a partir de dados oficiais disponíveis, como: mapeamentos das classes de solo e do relevo; dados de sensoriamento remoto; informações climatológicas e de queimadas; disponibilidade hídrica e dados socioeconômicos disponibilizados a nível de setores censitários.

O objetivo da metodologia de priorização desenvolvida pela UFV é identificar áreas em que a realização das práticas conservacionistas e de recuperação possui maior potencial de promover o incremento na quantidade e qualidade da água e dos serviços ecossistêmicos associados, além de contribuir com a segurança hídrica frente às demandas dos centros urbanos e das atividades agropecuárias e, desta forma, induzindo o equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e a produção de serviços ecossistêmicos. A metodologia possibilita também direcionar os esforços de recuperação para as áreas que possuem melhores condições de cumprir a função ambiental de recarga hídrica e, ao mesmo tempo, possuem maior vulnerabilidade social.

O presente estudo, fruto de um Termo de Execução Descentralizada (TED) firmado entre o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV), consiste na identificação de áreas prioritárias para as ações de revitalização nas áreas rurais em áreas nas cabeceiras de quatro importantes bacias hidrográficas no Brasil: Grande, Paranaíba, São Francisco e Parnaíba.

Este relatório apresenta a metodologia e os resultados alcançados na aplicação do método de priorização de áreas para recuperação ambiental nas cabeceiras. O documento do presente relatório está estruturado em quatro Cadernos: 1. Caderno de Caracterização, no qual é descrita a área de abrangência do estudo e é apresentado o resumo das características gerais das sub-bacias de cabeceira analisadas; 2. Caderno Metodológico, no qual a metodologia utilizada para a priorização de áreas para recuperação ambiental, comum a todas as bacias é apresentada de forma detalhada. 3. Caderno de Resultados, no qual são apresentados os resultados para cada variável (as áreas de recarga hídrica e os índices de vulnerabilidade ambiental, social e socioambiental), calculadas para cada cabeceira das quatro bacias, bem como os resultados das métricas e a localização das áreas prioritárias para recuperação ambiental. 5. Caderno de Apêndices, no qual são apresentados dados e informações complementares, assim como os relatórios resultantes das campanhas de campo realizadas pela equipe UFV nas áreas do presente estudo.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 5

CADERNO DE CARACTERIZAÇÃO 9

1. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO 10

1.1. SELEÇÃO DAS CABECEIRAS DAS BACIAS DOS RIOS GRANDE, PARANAÍBA, SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA 10

1.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS BACIAS 12

1.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO GRANDE 12

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área das sub-bacias da cabeceira do rio Grande 13

1.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA 16

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio Paranaíba 19

1.2.3. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO ... 22

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio São Francisco 25

1.2.4. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO PARNAÍBA 30

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio Parnaíba 32

REFERÊNCIAS 38

CADERNO DE CARACTERIZAÇÃO

No **Caderno de Caracterização**, são apresentadas as áreas abrangidas pelas sub-bacias das cabeceiras das bacias hidrográficas dos rios Grande, Paranaíba, São Francisco e Parnaíba, juntamente com uma breve descrição do meio físico e socioeconômico das regiões analisadas.

1. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

1.1. SELEÇÃO DAS CABECEIRAS DAS BACIAS DOS RIOS GRANDE, PARANAÍBA, SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA

As bacias hidrográficas dos rios Grande, Paranaíba, São Francisco e Parnaíba foram selecionadas para iniciar os estudos de definição das áreas prioritárias para recuperação ambiental neste estudo. Contíguas entre si, estas bacias foram estrategicamente escolhidas devido à abrangência territorial total (1.333.964,80 km²), associada à importância sob o ponto de vista hidroenergético e socioeconômico no contexto nacional (ANA, 2015).

Considerando a elevada extensão territorial das bacias hidrográficas selecionadas, que dificulta a realização dos processamentos dos dados, das análises e, sobretudo, da implantação das ações nas áreas identificadas como prioritárias para recuperação ambiental. Para esta etapa do trabalho foram selecionadas sub-bacias localizadas nas cabeceiras do rio principal e de seus primeiros afluentes, de acordo com a delimitação definida pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH - Nível 2 de Sub-bacias) (ANA, 2006).

Ao todo, foram selecionadas 10 sub-bacias, com área total de 196.488,85 km²: quatro sub-bacias da cabeceira do rio Grande (Grande PR 01, 02, 03 e 04); duas sub-bacias da cabeceira do rio Parnaíba (Parnaíba 01 e 02); três sub-bacias da cabeceira do rio São Francisco (Paraopeba, Pará e São Francisco 01) e uma sub-bacia da cabeceira do rio Paranaíba (Paranaíba 01). Das sub-bacias selecionadas, aquelas pertencentes às bacias do rio Grande, Paranaíba e São Francisco estão localizadas na região sudeste e centro-oeste, geograficamente próximas, distribuídas nos estados de Goiás, São Paulo e, sobretudo, em Minas Gerais. As sub-bacias selecionadas na bacia do rio Parnaíba estão localizadas na região nordeste, nos estados do Piauí e Maranhão (**Figura 1.1**).

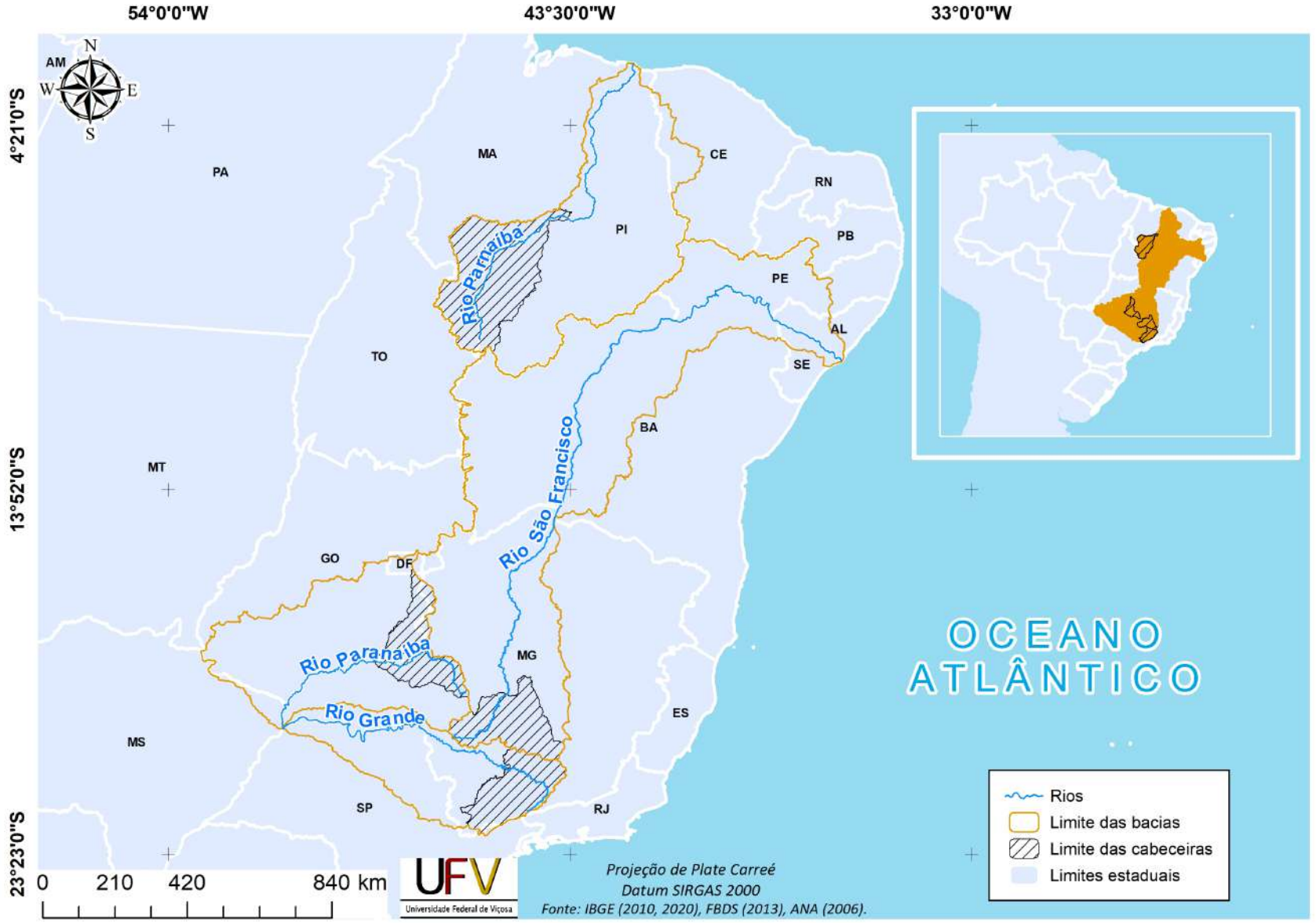


Figura 1.1. Limite das sub-bacias selecionadas nas cabeceiras das bacias hidrográficas dos rios Grande, Paranaíba, São Francisco e Parnaíba.

As sub-bacias selecionadas foram analisadas sob o ponto de vista das vulnerabilidades ambientais e sociais e, também, das potencialidades das áreas para recarga hídrica. A análise integrada desses componentes permitiu identificar as áreas prioritárias para a recuperação ambiental, de forma a potencializar os resultados das ações na restauração e melhorar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos nas áreas do estudo, com potencial benefícios nas sub-bacias a jusante a essas cabeceiras.

1.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS BACIAS

1.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO GRANDE

A bacia hidrográfica do rio Grande está localizada na divisa entre os estados de Minas Gerais e São Paulo, na região sudeste e faz parte da Região Hidrográfica do Paraná. Possui área de drenagem de aproximadamente 143,4 mil km², dos quais cerca de 86,4 mil km² (60,20%) estão em Minas Gerais e 57,0 mil km² (39,8%) no estado de São Paulo (IPT, 2008). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), próximo a 8,6 milhões de pessoas habitam a área da bacia, distribuídas em 393 municípios, dos quais 325 estão totalmente inseridos nos limites da bacia.

Para este trabalho foi selecionada uma área de 35.715,19 km² que contempla quatro sub-bacias da ca-

Tabela 1.1. Lista de municípios, dos estados de Minas Gerais e São Paulo, abrangidos e a respectiva área de interseção com as sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia hidrográfica do rio Grande.

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Aiuruoca	649,68	100,0	Lima Duarte	220,70	26,0
Alagoa	161,36	100,0	Luminárias	500,14	100,0
Alfredo Vasconcelos	125,74	96,1	Machado	147,76	25,2
Andrelândia	1005,28	100,0	Madre de Deus de Minas	492,91	100,0
Antônio Carlos	381,11	71,9	Maria da Fé	202,90	100,0
Arantina	89,42	100,0	Marmelópolis	106,76	98,9
Baependi	750,55	100,0	Minduri	219,77	100,0
Barbacena	726,32	95,7	Monsenhor Paulo	216,54	100,0
Barroso	82,07	100,0	Natércia	188,72	100,0
Bocaina de Minas	273,30	54,3	Nazareno	341,45	100,0
Bom Jardim de Minas	241,84	58,7	Nepomuceno	115,73	19,9
Bom Sucesso	705,05	100,0	Olímpio Noronha	54,63	100,0
Borda da Mata	288,36	95,8	Oliveira	667,17	74,4
Brazópolis	367,69	100,0	Ouro Fino	128,12	24,0
Cachoeira de Minas	304,24	100,0	Paraguaçu	233,00	54,9
Camacho	66,81	30,0	Paraisópolis	331,24	100,0
Camanducaia	61,45	11,6	Passa Quatro	276,99	99,9
Cambuí	242,31	99,1	Pedralva	217,99	100,0
Cambuquira	246,38	100,0	Perdões	167,02	61,7
Campanha	335,59	100,0	Piedade do Rio Grande	322,81	100,0
Campo Belo	173,92	32,9	Piranguçu	203,62	100,0
Cana Verde	96,07	45,2	Piranguinho	124,80	100,0
Candeias	168,48	23,4	Poço Fundo	78,08	16,5
Carandaí	415,96	85,4	Pouso Alegre	542,80	100,0
Careaçu	181,01	100,0	Pouso Alto	263,03	100,0
Carmo da Cachoeira	506,33	100,0	Prados	264,11	100,0
Carmo de Minas	322,29	100,0	Resende Costa	405,39	65,6
Carrancas	727,89	100,0	Ressaquinha	138,26	75,5
Carvalhópolis	81,07	100,0	Ribeirão Vermelho	49,11	99,7
Carvalhos	282,25	100,0	Ritápolis	404,80	100,0
Conceição da Barra de Minas	273,01	100,0	Santa Cruz de Minas	3,57	100,0

continua...

...continuação

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Caxambu	100,48	100,0	Santana do Garambéu	203,07	100,0
Conceição das Pedras	102,21	100,0	Santana do Jacaré	106,17	100,0
Conceição do Rio Verde	369,68	100,0	Santa Rita de Ibitipoca	234,40	72,3
Conceição dos Ouros	180,24	100,0	Santa Rita do Sapucaí	352,97	100,0
Congonhal	172,33	84,0	Santo Antônio do Amparo	488,88	100,0
Consolação	89,12	100,0	São Bento Abade	80,40	100,0
Cordislândia	179,54	100,0	São Francisco de Paula	300,21	94,8
Coronel Xavier Chaves	140,95	100,0	São Gonçalo do Sapucaí	516,68	100,0
Córrego do Bom Jesus	123,65	100,0	São João da Mata	97,83	81,2
Cristina	311,33	100,0	São João del Rei	1452,00	100,0
Cruzília	522,42	100,0	São José do Alegre	88,79	100,0
Delfim Moreira	407,94	99,9	São Lourenço	58,02	100,0
Dom Viçoso	113,92	100,0	São Sebastião da Bela Vista	167,43	100,0
Dores de Campos	124,84	100,0	São Sebastião do Rio Verde	90,85	100,0
Elói Mendes	498,65	99,8	São Tiago	572,40	100,0
Espírito Santo do Dourado	121,68	46,1	São Tomé das Letras	369,75	100,0
Estiva	236,25	96,9	São Vicente de Minas	392,65	100,0
Gonçalves	185,67	99,1	Sapucaí-Mirim	169,73	59,5
Heliodora	153,95	100,0	Senador Amaral	31,54	20,9
Ibertioga	346,24	100,0	Senador José Bento	92,41	98,4
Ibituruna	153,11	100,0	Seritinga	114,77	100,0
Ijaci	105,25	100,0	Serranos	213,17	100,0
Ingaí	305,59	100,0	Silvianópolis	312,17	100,0
Itajubá	294,84	100,0	Soledade de Minas	196,87	100,0
Itamonte	431,48	99,9	Tiradentes	83,05	100,0
Itanhandu	143,30	100,0	Três Corações	828,04	100,0
Itumirim	234,80	100,0	Três Pontas	335,25	48,6
Itutinga	372,02	100,0	Turvolândia	221,00	100,0
Jesuânia	153,85	100,0	Varginha	395,40	100,0
Lagoa Dourada	178,31	37,4	Virgínia	326,51	100,0
Lambari	213,11	100,0	Wenceslau Braz	102,49	100,0
Lavras	564,74	100,0	Campos do Jordão*	250,87	86,5
Liberdade	401,29	100,0	Santo Antônio do Pinhal*	126,05	94,8
			São Bento do Sapucaí*	252,58	100,0

*** Municípios do estado de São Paulo.**

beceira do rio Grande: Grande PR 01 (10.479,08 km²), Grande PR 02 (8.800,35 km²), Grande PR 03 (6.892,92 km²) e Grande PR 04 (9.543,84 km²) (**Figura 1.2**). A área destas sub-bacias selecionadas possui interseção, completa ou parcial, com 129 municípios, destes, apenas três municípios são do estado de São Paulo e o restante são de Minas Gerais (**Tabela 1.1**).

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área das sub-bacias da cabeceira do rio Grande

SOCIOECONÔMICO

Em termos socioeconômicos, a bacia do rio Grande é uma das regiões mais importantes do Brasil. Os municípios da cabeceira da bacia do rio Grande possuem dependência de atividades econômicas diversas, no qual reflete no nível de desenvolvimento moderado. Além disso, aspectos sobre a assistência e cobertura de atenção básica de saúde, os municípios estão satisfatoriamente contemplados, com 93,53% desses serviços públicos disponíveis nas cidades (IFDM, 2016; DATASUS, 2020). A bacia do Rio Grande é responsável pelo abastecimento de importantes centros urbanos com água para consumo humano e industrial. Para as sub-bacias de cabeceira selecionadas, os indicadores para coleta e tratamento de esgoto, com valores médios regulares para a coleta, indicam que 33 municípios possuem menos de 50% de cobertura por

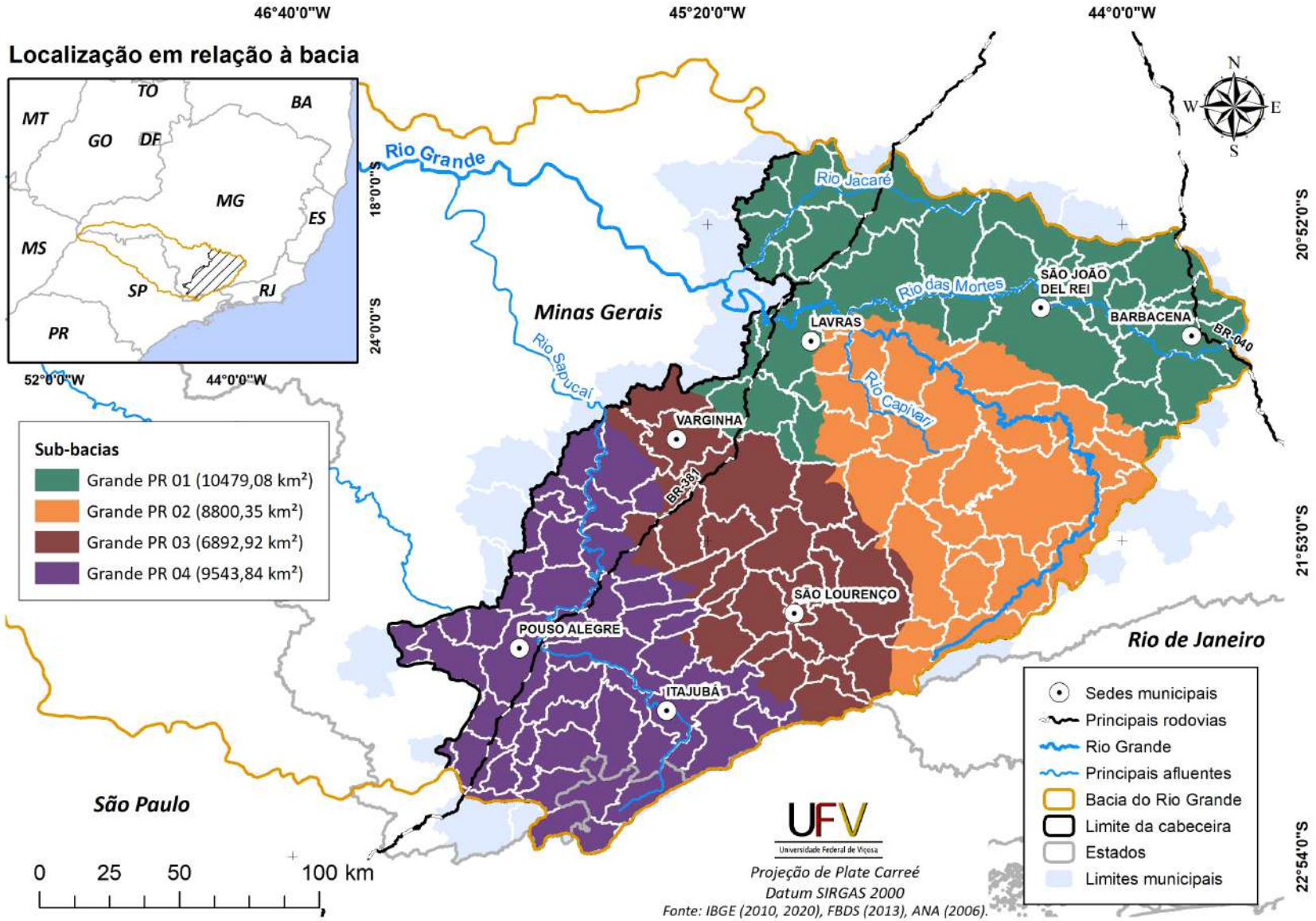


Figura 1.2. Limites dos municípios e das sub-bacias selecionadas nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Grande.

esse serviço, enquanto 17 não possuem, e para o tratamento de esgoto a situação é pior, 95 cidades não indicaram a presença dessa atividade pública (SNIS, 2020).

Dentre as várias atividades socioeconômicas desenvolvidas, destaca-se a geração de energia hidrelétrica, extração de minério, atividades agrícolas, pesca e turismo. Além disso, estima-se que 70% da área dessa bacia é destinada ao uso agrícola e 20% é coberta de florestas naturais e plantadas (GUIDOLINI, 2020). O uso do solo para atividades agrícolas é mais intenso na área da bacia pertencente ao estado de São Paulo. Por outro lado, na parte da bacia pertencente ao estado de Minas Gerais, principalmente nas áreas de cabeceiras, predominam as pastagens e florestas.

RECURSOS HÍDRICOS

O rio Grande nasce no Alto do Mirantão, na Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas, em Minas Gerais, a uma altitude próxima de 1.980 metros, e percorre 1.360 km até encontrar o rio Paranaíba, no município de Carneirinho, recebendo, então, o nome de rio Paraná (EUCLYDES et al., 2004). Os principais afluentes do rio Grande são os rios Aiuruoca, Lourenço Velho, das Mortes, Jacaré, Verde, Sapucaí, Capivari, Canoas, Pardo e Turvo. Nas sub-bacias da cabeceira do rio Grande consideradas neste estudo, os principais afluentes do rio Grande pela margem esquerda são os rios Capivari e Sapucaí, enquanto pela margem direita destaca-se o rio das Mortes (**Figura 1.2**).

O rio Capivari nasce na Chapada das Perdizes, em Carrancas, Minas Gerais, a uma altitude de 1.500 m, de onde forma dezenas de cachoeiras no Complexo da Zilda, e percorre aproximadamente 73 km, passando por diversos municípios, entre eles, Consolação, Itumirim e Lavras, até desaguar no reservatório do Funil, formado pelo represamento do rio Grande. Já o rio Sapucaí tem sua nascente na serra da Mantiqueira, no município paulista de Campos do Jordão, a uma altitude de 1.620 m acima do nível do mar, e percorre aproximadamente 250 km até desaguar no reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas, a 780 m de altitude (ALMEIDA et al., 2017). O rio das Mortes é um curso de água afluente da margem direita do rio Grande e, assim como rio Sapucaí, também nasce na serra da Mantiqueira, no município de Barbacena, em Minas Gerais, a uma altitude superior a 1.100 m, e percorre aproximadamente 280 km até a sua foz no reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, próximo ao município mineiro de Ijaci.

PEDOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A bacia do Rio Grande, incluída as áreas das cabeceiras selecionadas, se encontra inserida na província estrutural da Faixa Móvel Atlântica. Trata-se de uma área extremamente afetada por processos de metamorfismos provenientes do último grande ciclo geotectônico, o Ciclo Brasiliano com idade média de 600 milhões de anos, que moldou a atual estrutura física do território Brasileiro.

Na Faixa móvel Atlântica predominam rochas metamórficas como gnaisses, migmatitos, quartzitos e xistos, mas com presença pontual de intrusões ígneas de rochas plutônicas como Granitos, gabros e Sienitos. O intenso dobramento ao qual esta área foi submetida durante o Ciclo Brasiliano, condicionou um relevo extremamente proeminente, onde destacam-se os alinhamentos de crista associados à serra da Mantiqueira que apresentam uma direção predominante no sentido sudoeste-nordeste. Este relevo acentuado é marcado por encostas declivosas características de uma pronunciada dissecação da paisagem. Os solos associados a estes ambientes são solos menos desenvolvidos como Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos, que se caracterizam pela baixa profundidade efetiva (**Figura 1.3**).

Na porção de relevo mais suavizado da área das cabeceiras encontram-se planaltos dissecados onde predominam solos mais profundos e mais bem desenvolvidos como Latossolos e Argissolos, associados ao intemperismo de rochas ígneas e metamórficas. Coexistem ainda ambientes de relevo plano nas porções mais baixas da

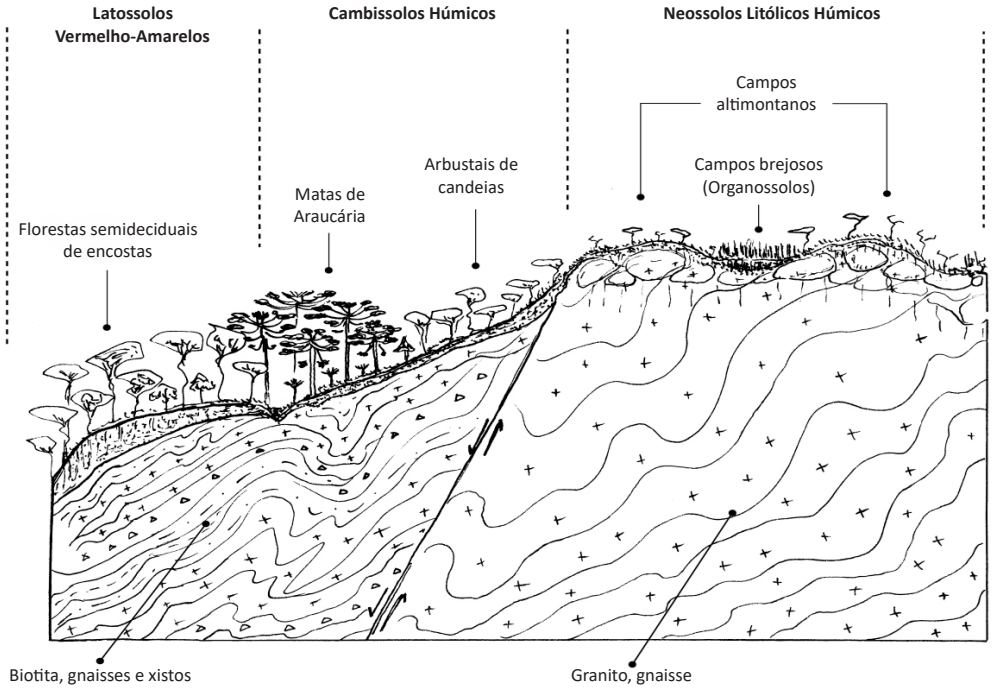


Figura 1.3. Bloco diagrama representativo da região da Serra da Mantiqueira, cabeceira da bacia hidrográfica do rio Grande.

paisagem caracterizados como terraços fluviais que representam a área colmatada pelos sedimentos oriundos das vertentes circundantes. Um exemplo expressivo na área trabalhada é o terraço do Rio Sapucaí, que é um importante afluente do Rio Grande. Nestes terraços encontram-se solos como Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos. A altitude na área da cabeceira varia de 760 a 2.779 m (**Figura 1.4**). As áreas mais elevadas estão localizadas no eixo da Serra da Mantiqueira, principalmente na região que abriga a nascente do rio Grande e na divisa entre os estados Minas Gerais e São Paulo, ao sul da cabeceira.

BIOMAS E VEGETAÇÃO

A região da cabeceira do rio Grande, selecionada para este estudo, predomina o bioma Mata Atlântica, com uma reduzida porção do território (0,004%) sob domínio do Cerrado (**Figura 1.5**), além das áreas de transição entre estes biomas. As fitofisionomias mais encontradas são, portanto, típicas de Mata Atlântica, como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual (FES). As Florestas Ombrófilas estão localizadas na porção sul das cabeceiras, na Serra da Mantiqueira, onde há concentração de fragmentos dessas formações em condição preservada, principalmente devido ao relevo íngreme da região serrana. A FES está distribuída nas demais áreas da cabeceira, em fragmentos de dimensões variadas, geralmente próximos à hidrografia, em topos de morros e encostas íngremes.

Além das formações florestais, também são encontradas na cabeceira da bacia do rio Grande as formações campestres, compostas por plantas lenhosas de pequeno porte sobre espécies herbáceas. Essas formações estão localizadas em regiões de solos rasos ou afloramentos rochosos, principalmente em elevadas altitudes, como por exemplo na Serra de Carrancas, próximo ao município de Lavras (MG).

1.2.2. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA

A bacia do rio Paranaíba tem uma área de drenagem de aproximadamente 222,6 mil km², correspondendo a aproximadamente 2,6% do território nacional, sendo a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná, ocupando cerca de 25,4% de seu território. A área da bacia abrange os estados de Goiás (63,3%), Mato Grosso do Sul (3,4%) e Minas Gerais (31,7%), além do Distrito Federal (1,6%) (ANA, 2013). A bacia possui 197 municípios, além do Distrito Federal. Destes, 136 estão totalmente inseridos nos limites da bacia.

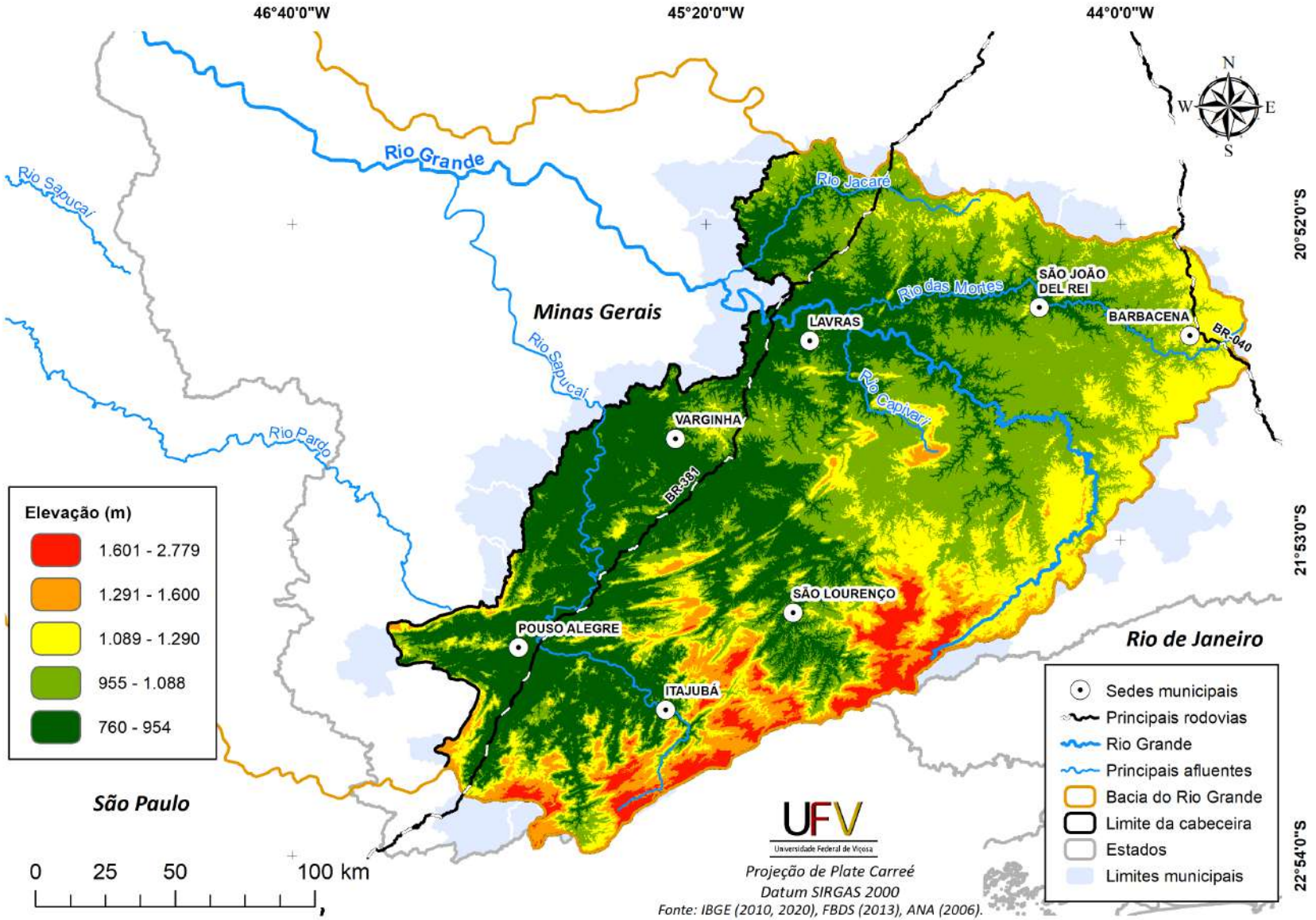


Figura 1.4. Elevação na área das sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia do rio Grande.

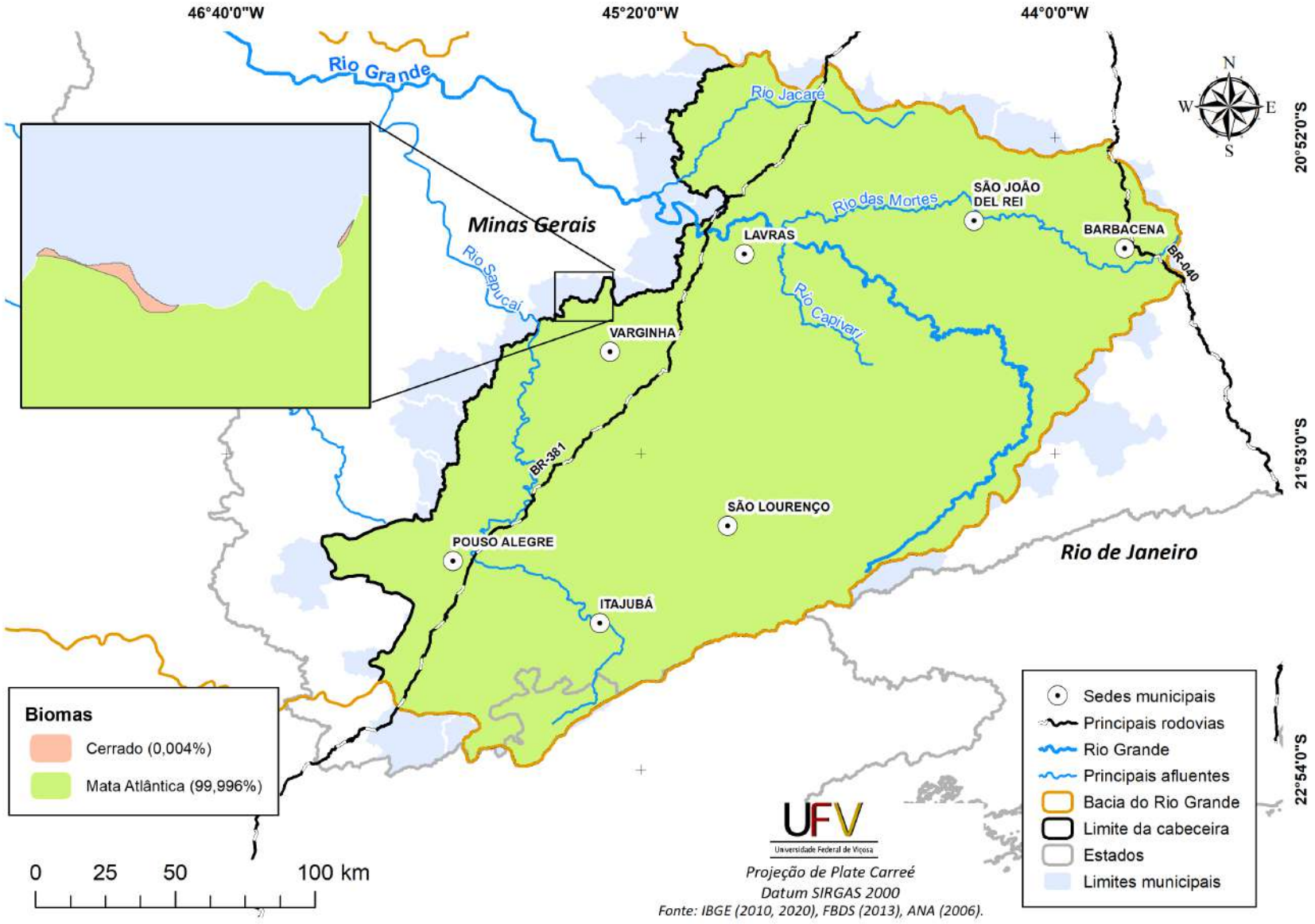


Figura 1.5. Limite de domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado nas sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia do rio Grande.

Para este trabalho foi selecionada a sub-bacia Paranaíba 01 na cabeceira do rio Paranaíba com 37.411,27 km² (**Figura 1.6**). A área desta sub-bacia selecionada possui interseção, completa ou parcial, com 36 municípios. Destes, 12 municípios são do estado de Minas Gerais e 23 do estado de Goiás, além de parte do Distrito Federal (**Tabela 1.2**).

Tabela 1.2. Lista de municípios abrangidos e a respectiva área de interseção com a sub-bacia selecionada na cabeceira da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Municípios do estado de Minas Gerais					
Abadia dos Dourados	880,46	100	Lagamar	318,19	21,6
Araguari	1888,03	69,2	Lagoa Formosa	628,2	74,7
Carmo do Paranaíba	461,85	35,3	Monte Carmelo	1343,04	100
Cascalho Rico	367,31	100	Paracatu	1854,05	22,5
Coromandel	3299,34	99,6	Patos de Minas	2332,13	73,1
Cruzeiro da Fortaleza	187,45	100	Patrocínio	1169,16	40,7
Douradoquara	312,88	100	Presidente Olegário	559,67	16
Estrela do Sul	816,82	99,3	Rio Paranaíba	720,73	53,3
Grupiara	193,14	100	Romaria	405,72	99,5
Guarda-Mor	911,32	44,1	Serra do Salitre	456,56	35,2
Guimarânia	366,83	100	Unaí	1334,39	15,8
Iraí de Minas	53,54	15			
Municípios do estado de Goiás e o Distrito Federal					
Anhanguera	55,57	100	Davinópolis	482,86	100
Campo Alegre de Goiás	2429,56	99,2	Goiandira	569,92	100
Catalão	3826,37	100	Ipameri	2248,46	51,3
Corumbaíba	652,11	35	Nova Aurora	287,56	93,6
Cristalina	4567,37	74,2	Ouvidor	411,32	100
Cumari	568,36	100	Três Ranchos	284,03	100
			Distrito Federal	78,16	1,4

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio Paranaíba

SOCIOECONÔMICO

Os municípios da sub-bacia selecionada na cabeceira do rio Paranaíba possuem nível de desenvolvimento moderado, dado que estão situados em regiões de atividade econômica satisfatória, principalmente em decorrente do agronegócio, o que pode proporcionar um cenário de condições sociais e econômicas melhores (IFDM, 2016). Segundo os dados do ano de 2020, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a média dos municípios da cabeceira da Bacia têm 78,73% de água tratada, 26,53% de coleta de lixo, 50,75% de coleta de esgoto e 36,79% de tratamento de esgoto.

Economicamente, a região da cabeceira da bacia do Paranaíba tem uma forte atividade agropecuária, com destaque para produção de soja, milho e algodão, além de bovinos e suínos. Por sua vez, os empregos na construção civil, extração mineral e serviços industriais de utilidade pública são presentes em menor proporção, visto que o setor da agropecuária e os outros podem ser mais atraentes quanto aos salários e até na quantidade de vagas ofertadas (CAGED, 2020).

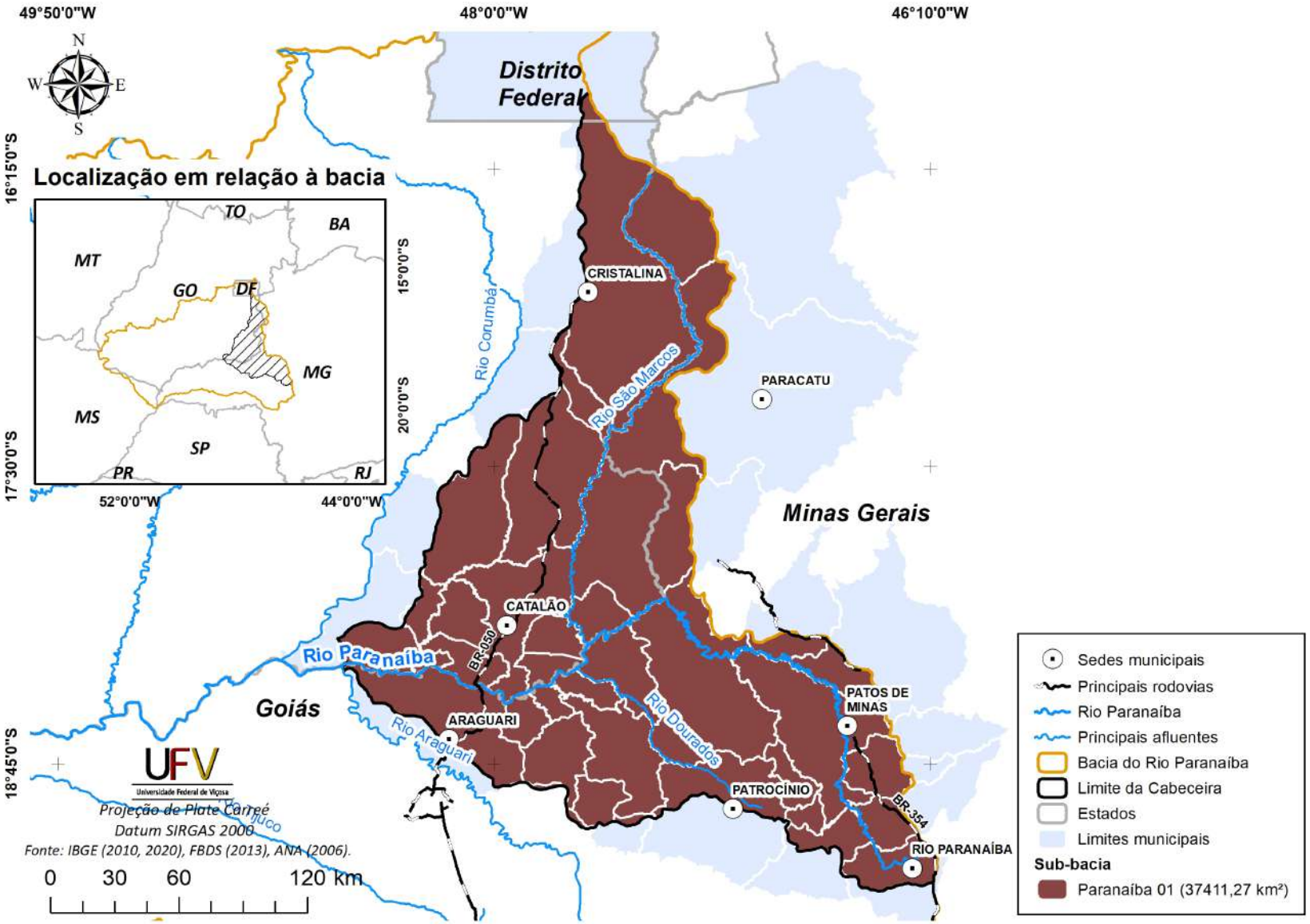


Figura 1.6. Limite da sub-bacia selecionada na cabeceira da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

RECURSOS HÍDRICOS

A nascente do rio Paranaíba está situada na Serra da Mata da Corda, no município de Rio Paranaíba (MG), e possui altitude de cerca de 1.100 m. O rio Paranaíba tem aproximadamente 1.000 km até a confluência com o rio Grande, na divisa entre os Estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, exutório da bacia, para formar o rio Paraná (ANA, 2013). Os principais afluentes da margem direita do rio Paranaíba são os rios São Marcos, Corumbá, Meia-Ponte, dos Bois, Claro, Verde, Corrente e Aporé, enquanto os da margem direita são os rios Bagagem, Dourados, Araguari e Tejuco . A sub-bacia da cabeceira do rio Paranaíba considerada neste estudo, tem como principal afluente do rio Paranaíba na margem esquerda o rio São Marcos, enquanto na margem direito, o principal afluente é o rio Dourados (**Figura 1.6**).

O rio São Marcos divide os estados de Minas Gerais e de Goiás, entre as cidades de Paracatu (MG) e Cristalina (GO). A sua nascente fica no município de Brasília, a 1.000 m de altitude, e, após percorrer cerca de 480 km de comprimento, desemboca no remanso do reservatório da Usina Hidrelétrica de Emborcação, localizada no rio Paranaíba (ANA, 2017). Já o rio Dourados nasce na Serra Negra, no município mineiro de Patrocínio, e deságua no rio Paranaíba na divisa entre os municípios de Abadia dos Dourados e Douradoquara, também em Minas Gerais, após percorrer uma extensão de aproximadamente 120 km (CPRM, 2017).

PEDOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A região de cabeceira do Rio Paranaíba contemplada neste trabalho abrange três províncias estruturais importantes. A primeira e mais expressiva é a Faixa Móvel Brasília-Tocantins, que é a zona de sutura entre o cráton Amazônico e o cráton do São Francisco, formada por intensos processos de dobramento decorrentes de forças compressivas no decorrer do ciclo geotectônico do Brasiliano. Nesta área predominam rochas metamórficas como xistos que ocorrem com maior frequência, e quartzitos. Ocorrem associados a estas rochas metamórficas intrusões de rochas ígneas ácidas (granitos) ou básicas (anfibolitos). Nestas áreas o relevo é ondulado a suave ondulado e os solos de ocorrência predominante são os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos, e com menor expressividade os Argissolos Vermelho Amarelos que se encontram concentrados na porção central da área e comumente associados às rochas graníticas.

Sobre as rochas metamórficas do Neoproterozóico, descritas anteriormente, repousam rochas sedimentares, predominantemente arenitos, do Cretáceo (140 a 65 Milhões de anos). Acima dos arenitos do Cretáceo na coluna estratigráfica encontram-se as coberturas detrito lateríticas do Neógeno. O relevo associado a estas rochas na área de estudo caracteriza-se por extensos interflúvios tabulares com solos muito profundos de textura variando de média a argilosa, como Latossolos Vermelho-Amarelos. Nas bordas destes interflúvios, e em porções já dissecadas, é recorrente a ocorrência de Plintossolos Pétricos concrecionários.

A segunda província abarcada pela cabeceira do Rio Paranaíba é o cráton do São Francisco. Esta província encontra-se na porção leste da mesma e é representada por rochas sedimentares de idade Neoproterozóica do Grupo Bambuí assentadas sobre as rochas cristalinas de idade arqueana (cráton). Nesta área, que também é recoberta por arenitos do Cretáceo, representados por formações como: Areado, Urucuia e Mata da Corda, o relevo que se apresenta também é marcado pela presença de extensos interflúvios tabulares com Latossolos de textura variável (**Figura 1.7**).

Na porção sudoeste da área trabalhada encontra-se a terceira província estrutural representada pela bacia sedimentar paleozóica do Rio Paraná. Nesta região, ocorrem de forma intercalada arenitos do cretáceo e basaltos da formação Serra Geral também provenientes deste mesmo período geológico. O relevo neste setor da bacia é um pouco mais dissecado e embora ocorram os interflúvios tabulares, sua expressividade não é tão marcante quanto nos demais setores supracitados. Os Latossolos, que também são predominantes nesta porção sudoeste, são predominantemente de textura argilosa, podendo ocorrer áreas de textura

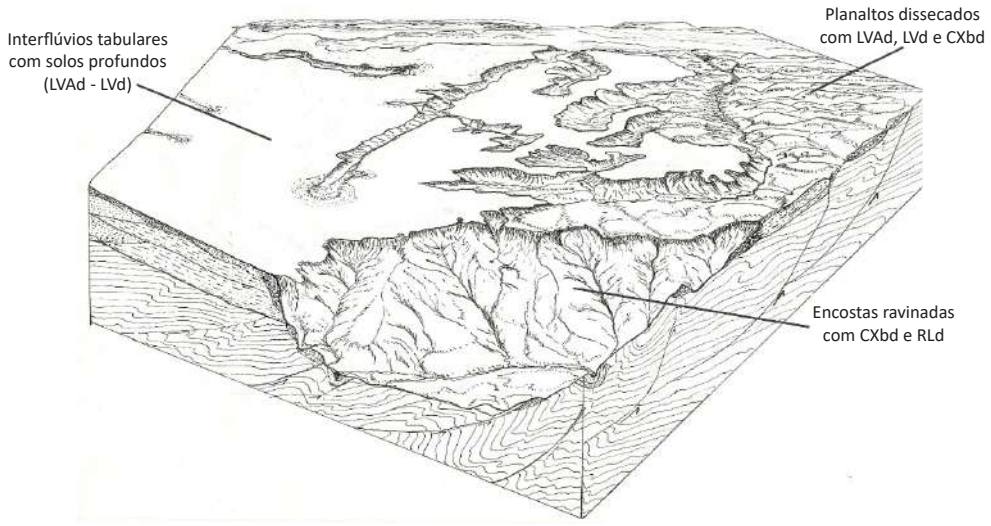


Figura 1.7. Bloco diagrama representativo do Alto Paranaíba, cabeceira da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

muito argilosa. Associados às áreas mais dissecadas ocorrem Cambissolos Háplicos, geralmente eutróficos, e em menor proporção Neossolos Litólicos relacionados diretamente com a ocorrência dos basaltos da formação Serra Geral.

A elevação na cabeceira da bacia do rio Paranaíba variou entre 502 a 1.277 m (**Figura 1.8**). As regiões mais elevadas, acima de 952 m, estão concentradas próximas aos municípios de Rio Paranaíba, Patrocínio e Paracatu, no estado de Minas Gerais, de Cristalina, em Goiás, e no Distrito Federal. As áreas mais baixas do relevo na cabeceira, até 839 m, estão concentradas próximas à calha do rio Paranaíba, sobretudo a partir do encontro com o rio São Marcos, na divisa entre os estados de Minas Gerais e Goiás, e também ao norte e ao leste de Catalão, GO. Nas demais regiões, predominam áreas com altitude intermediária, entre 840 e 892 m.

BIOMAS E VEGETAÇÃO

O Cerrado, com 98,24% do total da área, é o bioma predominante na cabeceira da bacia do rio Paranaíba. A Mata Atlântica está presente no restante da área estudada (1,76%), em uma porção ao leste da cabeceira, próximo ao encontro dos rios Paranaíba e Araguari (**Figura 1.9**). A maior parte da vegetação encontrada na área da cabeceira está associada às formações savânicas, como Cerrado Denso, Típico, Ralo e Vereda - com menor frequência nesta área da bacia. Mas ocorrem também formações florestais, como Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão, Mata Ciliar e de Galeria e formações campestres, como Campo Sujo e Limpo, por exemplo.

A distribuição dessas formações na paisagem estão associadas às condições de solo e relevo da área. Nas regiões de relevo aplainado predominam formações como Cerrado típico e nas dissecações fluviais podem ocorrer formações dispostas em gradientes de adensamento, desde Campo Limpo nas rampas das encostas íngremes e/ou de solo raso, até Matas Ciliares e de Galeria adjacente à hidrografia.

1.2.3. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é uma das mais importantes do país, possuindo uma extensão 2.863 km e uma área de drenagem de mais de 639.219 km², correspondendo a 8% do território nacional. Estende-se desde Minas Gerais, onde o rio nasce, na Serra da Canastra, até o Oceano Atlântico, onde deságua, na divisa dos estados de Alagoas e de Sergipe (CBHSF, 2020). A área de drenagem da bacia integra as regiões Nordeste e Sudeste do país, abrangendo 505 municípios de seis estados (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe) e o Distrito Federal. Constituindo uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras, e, para fins de planejamento, a bacia foi dividida em quatro zonas ou regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco.

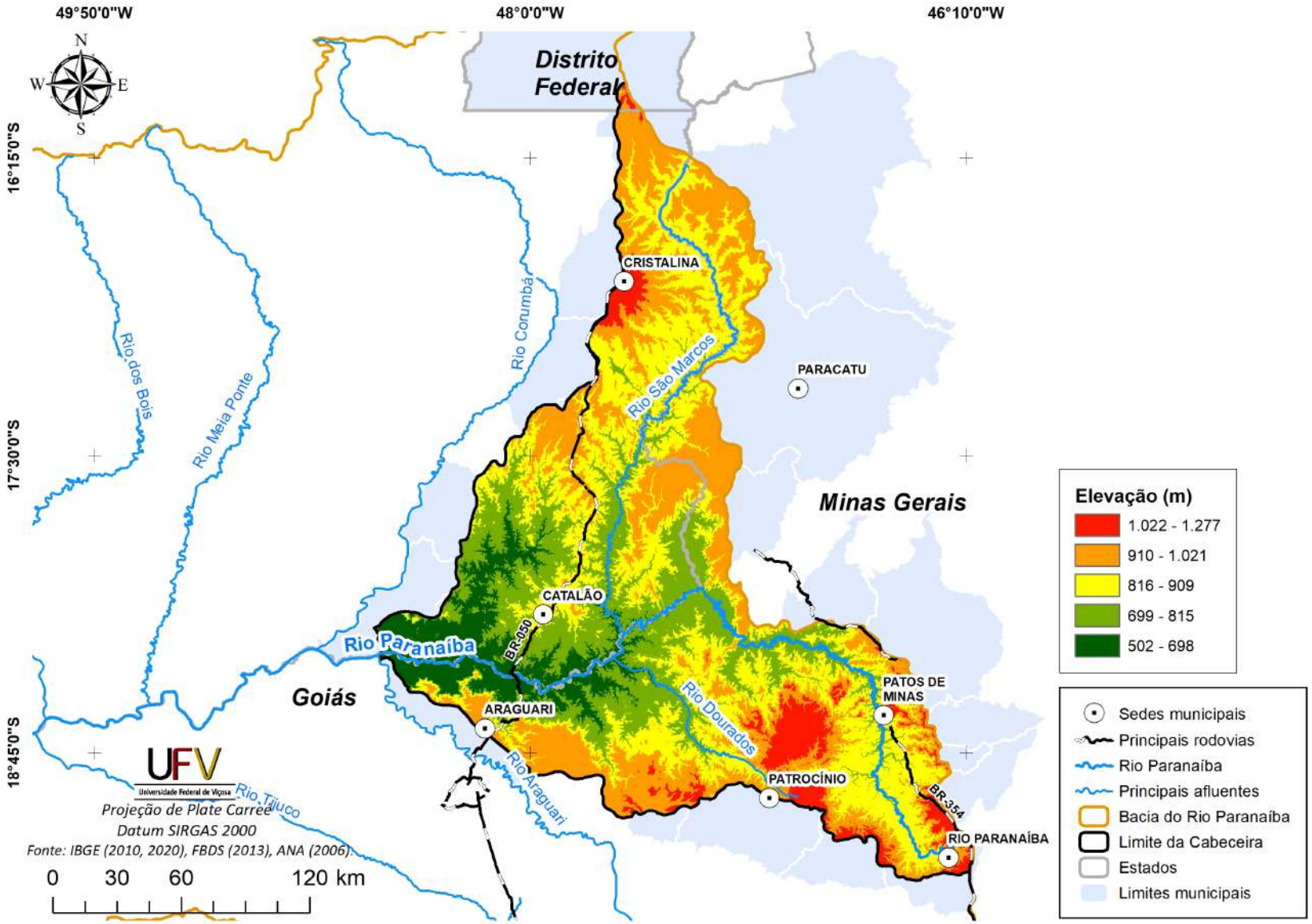


Figura 1.8. Elevação na área da sub-bacia selecionada na da cabeceira da bacia do rio Paranaíba.

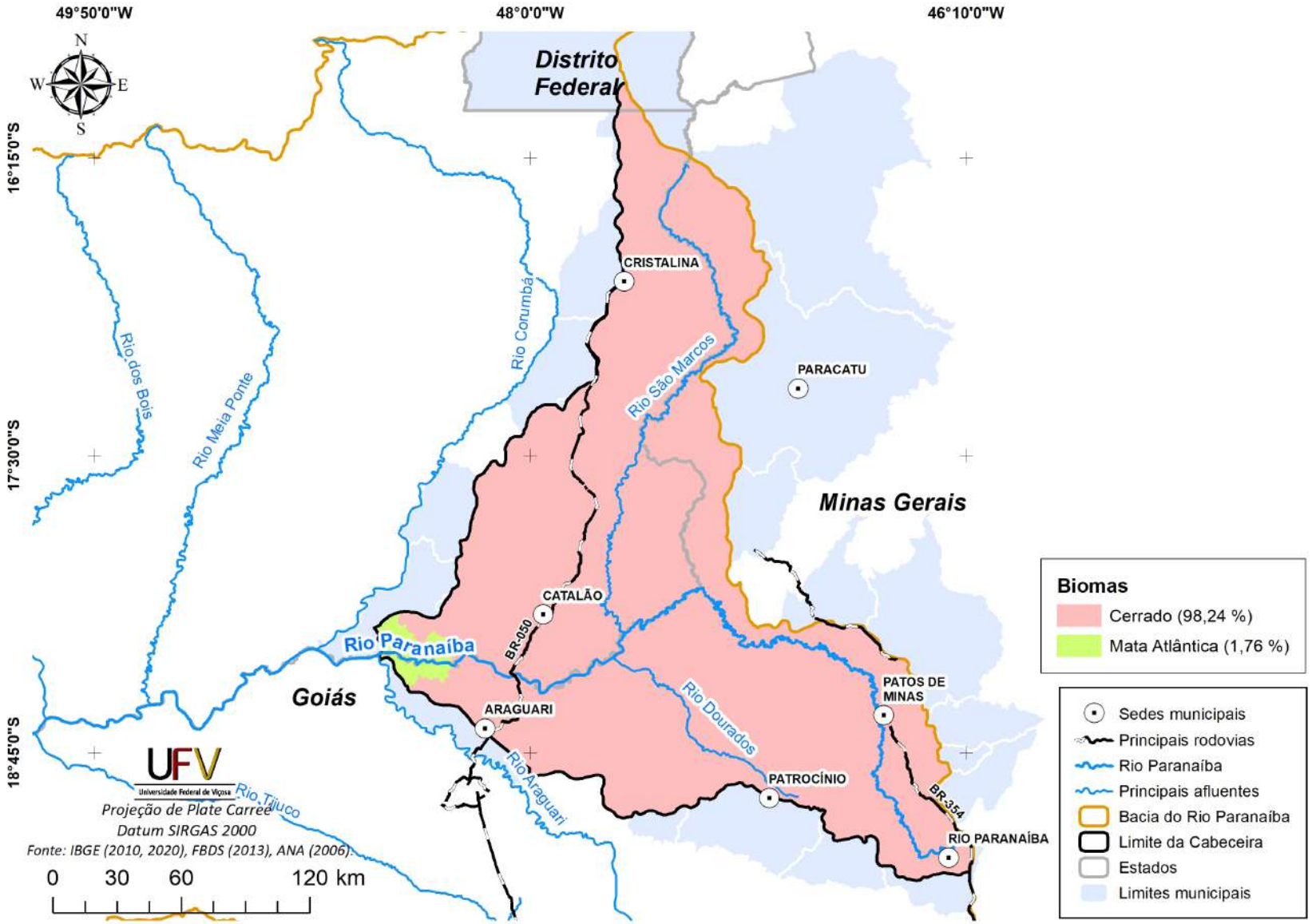


Figura 1.9. Limite de domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado na sub-bacia selecionada na cabeceira da bacia do rio Paranaíba.

Para este trabalho foi selecionada uma área de 38.733,29 km² que contempla três sub-bacias da cabeceira do rio São Francisco: rio Paraopeba (12.191,07 km²), rio Pará (12.095,23 km²) e São Francisco 01 (14.446,99 km²) **(Figura 1.10**).

A área destas sub-bacias selecionadas possui interseção, completa ou parcial, com 104 municípios, sendo todos do estado de Minas Gerais (**Tabela 1.3**).

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio São Francisco

SOCIOECONÔMICO

Os municípios da sub-bacia selecionada na cabeceira do rio São Francisco apresentam uma realidade socioeconômica complexa e desafiadora. Para os municípios desta cabeceira, percebe-se que, em média, o nível de desenvolvimento deles é considerado moderado, mas existem grandes desproporções e desigualdades locais, principalmente entre os municípios e a zona metropolitana. Em média, os municípios estão contemplados com 91,83% de serviços públicos de saúde e atenção básica (IFDM, 2016). Em relação a aspectos de saneamento básico, entre os municípios da cabeceira da Bacia têm 75,77% de água tratada, 79,06% de coleta de lixo, 64,79% de coleta de esgoto e 34,30% de tratamento de esgoto (SNIS, 2020).

Em termos econômicos, as principais atividades econômicas da Bacia do São Francisco são: agricultura, pecuária, mineração e turismo. No entanto, a maioria das atividades econômicas tem baixo valor agregado e baixa diversificação, limitando o potencial de desenvolvimento da região. A administração pública, em média, é o maior empregador dos municípios da cabeceira da bacia, representando 21,90%. No entanto, os empregos gerados pela indústria estão bem próximos desse percentual, com 20,85%. Isso demonstra a força industrial desse local, principalmente para a capital mineira e a região metropolitana (CAGED, 2020).

RECURSOS HÍDRICOS

O rio São Francisco nasce na região da Serra da Canastra, em Minas Gerais, e percorre aproximadamente 2.863 km entre os estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe até desaguar no oceano Atlântico (CBHSF, 2020). Ele possui 36 afluentes de portes significativos e os principais deles são os rios Paraopeba, das Velhas, Abaeté, Jequitaí, Paracatu, Urucuia, Verde Grande, Carinhanha, Corrente e Grande. Exceto os dois primeiros rios, todos os outros são da margem esquerda e a maioria é de Minas Gerais, estado que fornece cerca de 70% da água do rio (CBHSF, 2014). Nas sub-bacias da cabeceira do rio São Francisco consideradas neste estudo se encontram os rios Pará e Paraopeba (**Figura 1.10**).

O rio Pará nasce na serra das Vertentes, próximo ao povoado de Hidelbrando, no município de Resende Costa, em Minas Gerais, e percorre aproximadamente 365 km de sua nascente até sua foz, no rio São Francisco, logo após o município de Pompéu (MG) (CBHRIOPARA, 2022). O rio Pará é um dos principais contribuintes do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias. Já o rio Paraopeba nasce ao sul do município de Cristiano Otoni, também no estado de Minas Gerais, e percorre aproximadamente 510 km, até sua foz no lago da represa de Três Marias, no município mineiro de Felixlândia (IGAM, 2013).

PEDOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A região da cabeceira do Rio São Francisco contemplada neste trabalho encontra-se assentada sobre a província estrutural do Cráton do São Francisco. Trata-se de uma província marcada pela presença de rochas cristalinas, ígneas e metamórficas de idade arqueana (>2,5 bilhões de anos). A expressividade destas rochas é mais perceptível na porção centro sul e sudeste da área de trabalho e é representada por planaltos dissecados com vertentes suavizadas onde predominam Latossolos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Sobre as rochas arqueanas repousam rochas sedimentares, ou de metamorfismo incipiente, de idade Neoproterozóica (~630 milhões de anos) relacionadas ao Grupo Bambuí. Destacam-se as formações Serra da

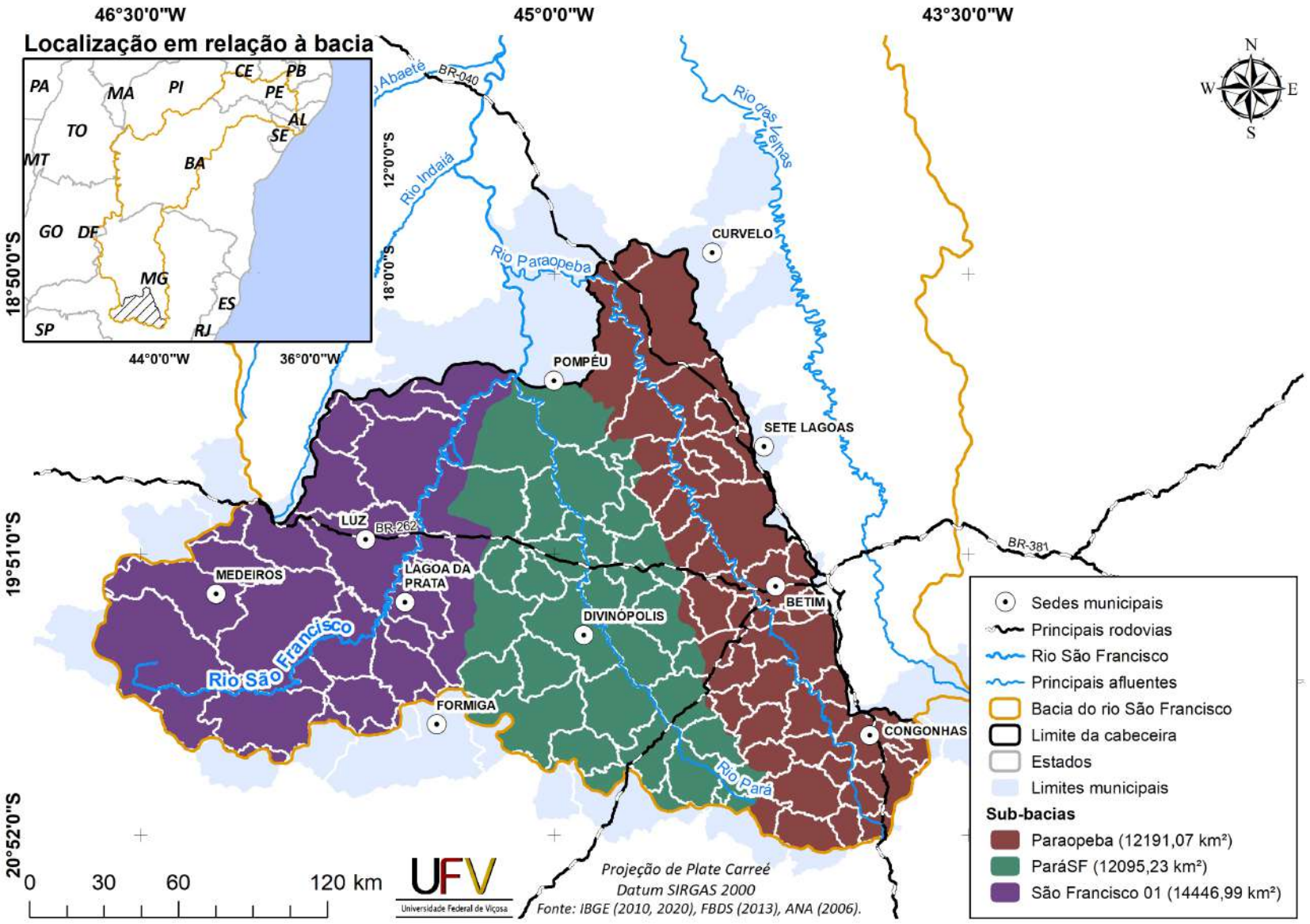


Figura 1.10. Limite das sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Tabela 1.3. Lista de municípios e a respectiva área de interseção com as sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Abaeté	363,06	20,0	Juatuba	97,17	100,0
Araújos	245,52	100,0	Lagoa da Prata	439,98	100,0
Arcos	506,88	99,4	Lagoa Dourada	298,38	62,6
Bambuí	1455,82	100,0	Leandro Ferreira	352,01	100,0
Belo Horizonte	18,86	5,7	Luz	1171,66	100,0
Belo Vale	363,54	99,3	Maravilhas	261,60	100,0
Betim	343,88	100,0	Mário Campos	35,20	100,0
Bom Despacho	1213,55	100,0	Martinho Campos	1058,42	100,0
Bonfim	301,87	100,0	Mateus Leme	301,38	100,0
Brumadinho	630,36	98,6	Medeiros	943,03	99,6
Cachoeira da Prata	61,38	100,0	Moeda	149,73	96,5
Caetanópolis	156,04	100,0	Moema	202,71	100,0
Campos Altos	121,37	17,1	Morro da Garça	2,08	0,5
Capitólio	70,67	13,5	Nova Serrana	282,47	100,0
Carmo da Mata	339,63	95,1	Oliveira	230,15	25,6
Carmo do Cajuru	455,81	100,0	Onça de Pitangui	246,98	100,0
Carmópolis de Minas	399,76	99,9	Ouro Branco	163,31	63,1
Casa Grande	150,52	95,4	Ouro Preto	76,49	6,1
Cláudio	630,71	100,0	Pains	421,41	99,9
Conceição do Pará	250,31	100,0	Papagaios	553,58	100,0
Congonhas	302,84	99,6	Pará de Minas	551,25	100,0
Conselheiro Lafaiete	348,21	94,0	Paraopeba	541,72	86,6
Contagem	114,57	58,8	Passa Tempo	421,08	98,1
Córrego Danta	562,45	85,6	Pedra do Indaiá	347,92	100,0
Córrego Fundo	19,12	18,9	Pequi	203,99	100,0
Cristiano Otoni	115,04	86,6	Perdigão	249,32	100,0

continua...

...continuação

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Crucilândia	167,16	100,0	Piedade dos Gerais	259,64	100,0
Curvelo	1237,55	37,5	Pimenta	79,73	19,2
Desterro de Entre Rios	377,16	100,0	Piracema	280,34	100,0
Divinópolis	708,11	100,0	Pitangui	569,64	100,0
Dores do Indaiá	1111,20	100,0	Piumhi	901,86	99,9
Doresópolis	152,91	100,0	Pompéu	1335,66	52,4
Entre Rios de Minas	456,80	100,0	Pratinha	36,89	5,9
Esmeraldas	835,45	91,8	Quartel Geral	355,16	63,8
Estrela do Indaiá	555,99	87,4	Queluzito	153,56	100,0
Felixlândia	207,84	13,4	Resende Costa	212,93	34,4
Florestal	194,24	100,0	Ribeirão das Neves	4,58	3,0
Formiga	100,02	6,7	Rio Manso	231,54	100,0
Fortuna de Minas	198,71	100,0	Santo Antônio do Monte	1125,78	100,0
Ibiá	24,82	0,9	São Brás do Suaçuí	110,02	100,0
Ibirité	72,39	100,0	São Francisco de Paula	15,96	5,0
Igarapé	110,94	100,0	São Gonçalo do Pará	265,73	100,0
Igaratinga	218,34	100,0	São Joaquim de Bicas	71,76	100,0
Iguatama	628,20	100,0	São José da Varginha	205,50	100,0
Inhaúma	245,00	100,0	São Roque de Minas	1507,50	71,8
Itaguara	410,47	100,0	São Sebastião do Oeste	408,09	100,0
Itapecerica	832,92	80,0	Sarzedo	62,13	100,0
Itatiaiuçu	295,15	100,0	Serra da Saudade	305,26	90,9
Itaúna	495,77	100,0	Sete Lagoas	185,15	34,5
Itaverava	13,92	4,9	Tapira	10,88	0,9
Japaraíba	172,14	100,0	Tapiraí	406,04	99,5
Jeceaba	236,25	100,0	Vargem Bonita	402,22	98,1

Saudade e Serra de Santa Helena, representadas por rochas pelíticas e metapelíticas, das quais se desenvolvem predominantemente Cambissolos Háplicos Distróficos e em menor proporção Neossolos Litólicos também distróficos em relevo ondulado a forte ondulado. Em porções de menor altitude, com relevo suave ondulado, ocorrem solos remanescentes de rochas calcárias ou sedimentares carbonáticas, das formações Sete Lagoas e Jacaré, representadas por Latossolos Vermelhos de textura quase sempre argilosa. No topo desta coluna estratigráfica ocorrem, como nas demais bacias hidrográficas aqui apresentadas, os sedimentos do Neógeno (terciário) apresentados como coberturas detrito-lateríticas indiferenciadas. Sobre este material o relevo se apresenta na forma dos interflúvios tabulares com Latossolos de textura variando entre média e muito argilosa.

Na porção sudoeste da bacia, que representa a região das nascentes do Rio São Francisco, ocorrem rochas metamórficas associadas à faixa móvel Brasília-Tocantis, representadas pelos alinhamentos que compõem a Serra da Canastra. A Sequência de rochas Paleoproterozóicas do Grupo Canastra forma um relevo residual muito antigo, assentados sobre metarenitos, formando os Chapadões semitabulares da Zagaia e da Canastra. Os Neossolos Litólicos e Quartzarênicos, que ocorrem neste ambiente, formam uma importante área de recarga hídrica no Alto São Francisco. Nas partes intermediárias, encontramos o setor de Cambissolos muito ácidos e pobres sobre os Filitos e metassiltitos da Formação Ilicínea, também do Grupo Canastra. Em São Roque, ao pé da Serra da Canastra, inicia-se a extensa mancha de Latossolos Vermelhos, distróficos, que representam a grande paisagem desenvolvida de Calcários do Grupo Bambuí (**Figura 1.11**).

Outra peculiaridade do meio físico na área da cabeceira do rio São Francisco é a presença de alinhamentos de cristas, compostas por rochas do paleoproterozóico relacionadas ao Quadrilátero Ferrífero. Estas feições estão localizadas no extremo sudeste da área aqui representada, e destoam da paisagem circundante pelas cotas

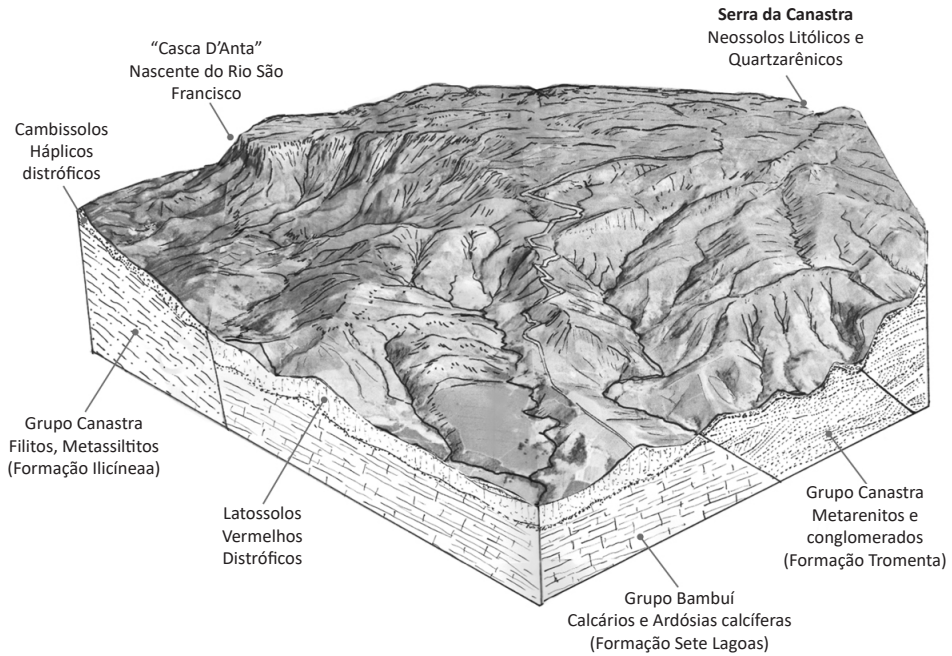


Figura 1.11. Bloco Diagrama do setor sudeste da Serra da Canastra (nascentes do rio São Francisco), próximo ao município de São Roque de Minas – MG, na cabeceira da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

altimétricas, geoformas e tipos de solo. As porções do Quadrilátero Ferrífero que adentram a área de trabalho são o alinhamento da Serra Azul (sentido Leste-Oeste) e a Serra da Moeda (sentido Norte-Sul). Na cabeceira, a elevação variou de 571 a 1.619 m (**Figura 1.12**). As áreas elevadas são principalmente encontradas nas regiões das Serras da Moeda e Azul, ambas na sub-bacia do rio Paraopeba e, também, na região da nascente do rio São Francisco, na Serra da Canastra - região oeste da cabeceira (**Figura 1.13**).

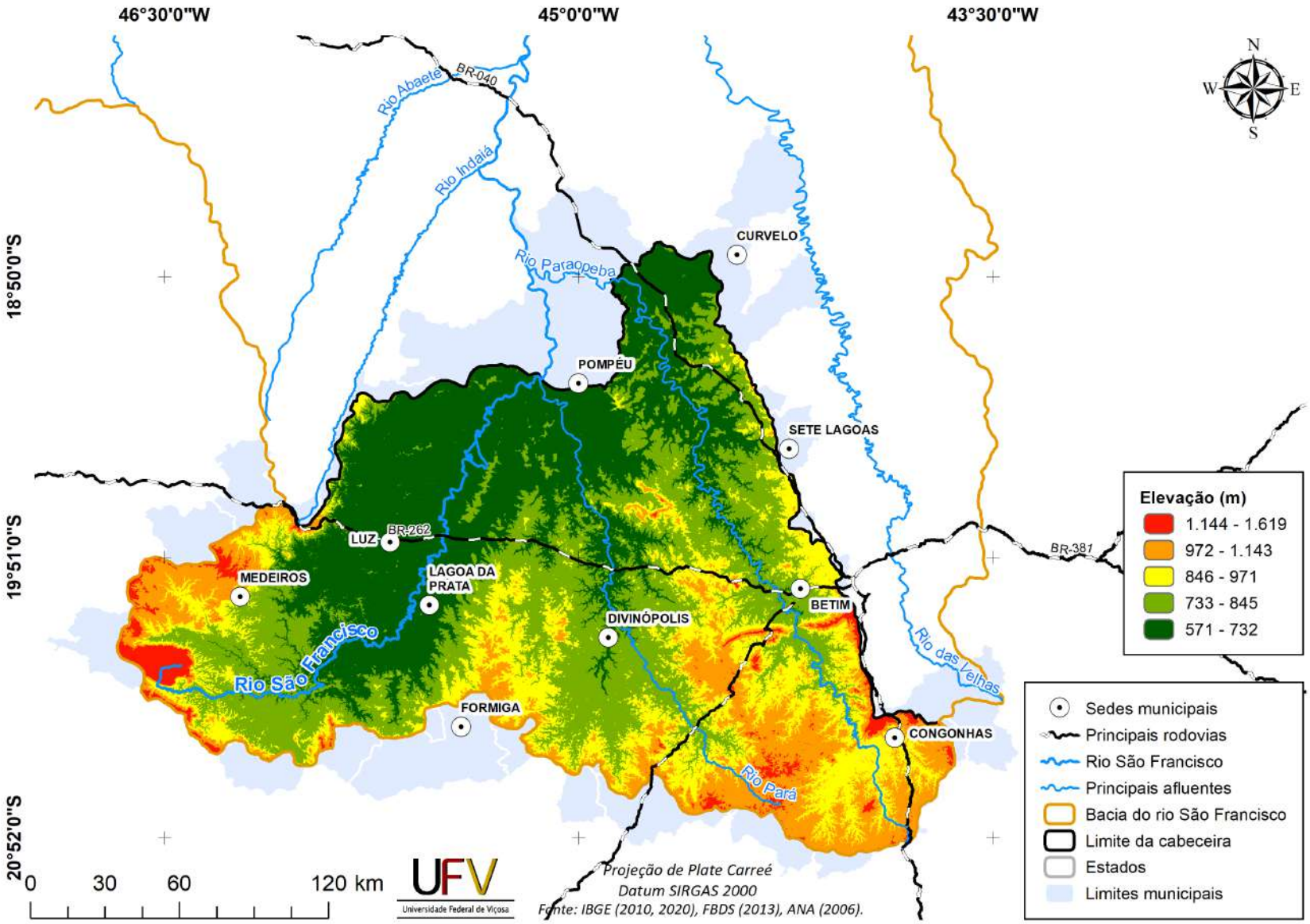


Figura 1.12. Elevação na área da sub-bacia selecionada na cabeceira da bacia do rio São Francisco.

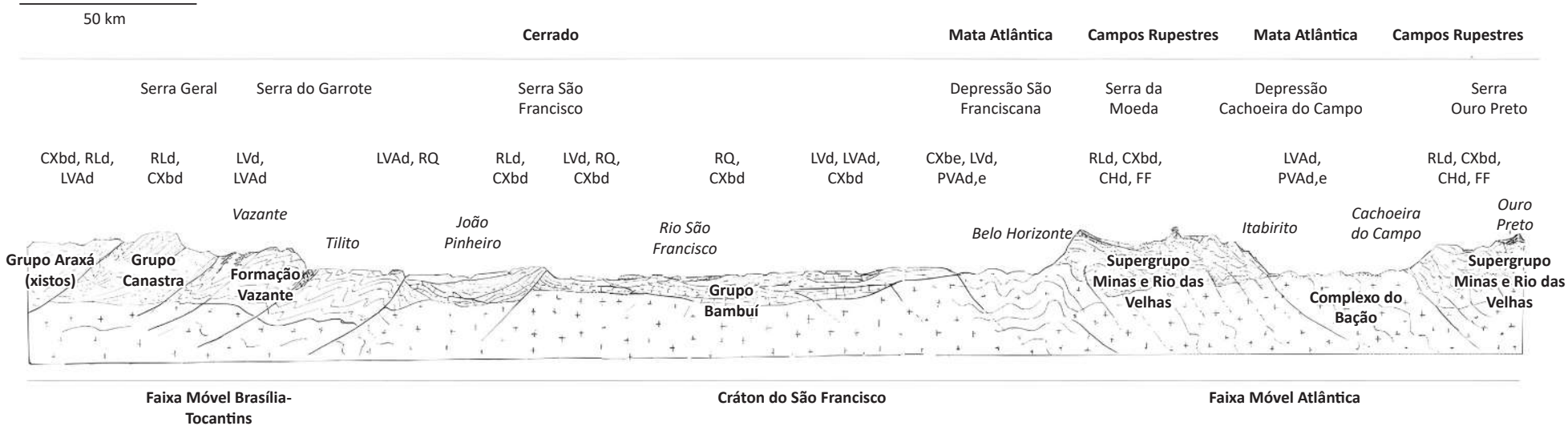


Figura 1.13. Bloco diagrama representativo da cabeceira da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

BIOMAS E VEGETAÇÃO

A área da cabeceira da bacia do Rio São Francisco possui porções significativas das áreas em domínios dos biomas Cerrado (69,55%), localizado ao norte da área, e Mata Atlântica (30,45%), presente ao sul da cabeceira (**Figura 1.14**). Portanto, na cabeceira avaliada há a presença de parte relevante da área em regiões de contato entre esses dois biomas, concentrada na faixa central. A vegetação na área da cabeceira da bacia do rio São Francisco é diversa, com formações florestais, savânicas e campestres.

As formações campestres estão concentradas principalmente nas regiões de elevada altitude do Parque Nacional da Serra da Canastra e da Serra da Moeda e, também, na região baixa próxima a foz do rio Paraopeba, sobre áreas de Cambissolo Háplico no município de Felixlândia (MG). As formações florestais e savânicas são encontradas em todas as regiões da cabeceira, sendo a extensão variável de acordo com as condições do relevo, do solo e do clima, sob domínio de Mata Atlântica ou Cerrado. As fitofisionomias mais comuns são: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado Típico, Denso e Ralo.

1.2.4. CARACTERIZAÇÃO DA CABECEIRA DA BACIA DO RIO PARNAÍBA

A bacia hidrográfica do rio Parnaíba configura-se como uma das mais importantes bacias da Região Nordeste do Brasil (**Figura 1.15**). Com área de drenagem de aproximadamente 333.952 km², a bacia abrange 277 municípios (223 no Estados do Piauí, 35 no Maranhão e 19 no Ceará), com uma população de aproximadamente 4,15 mi-

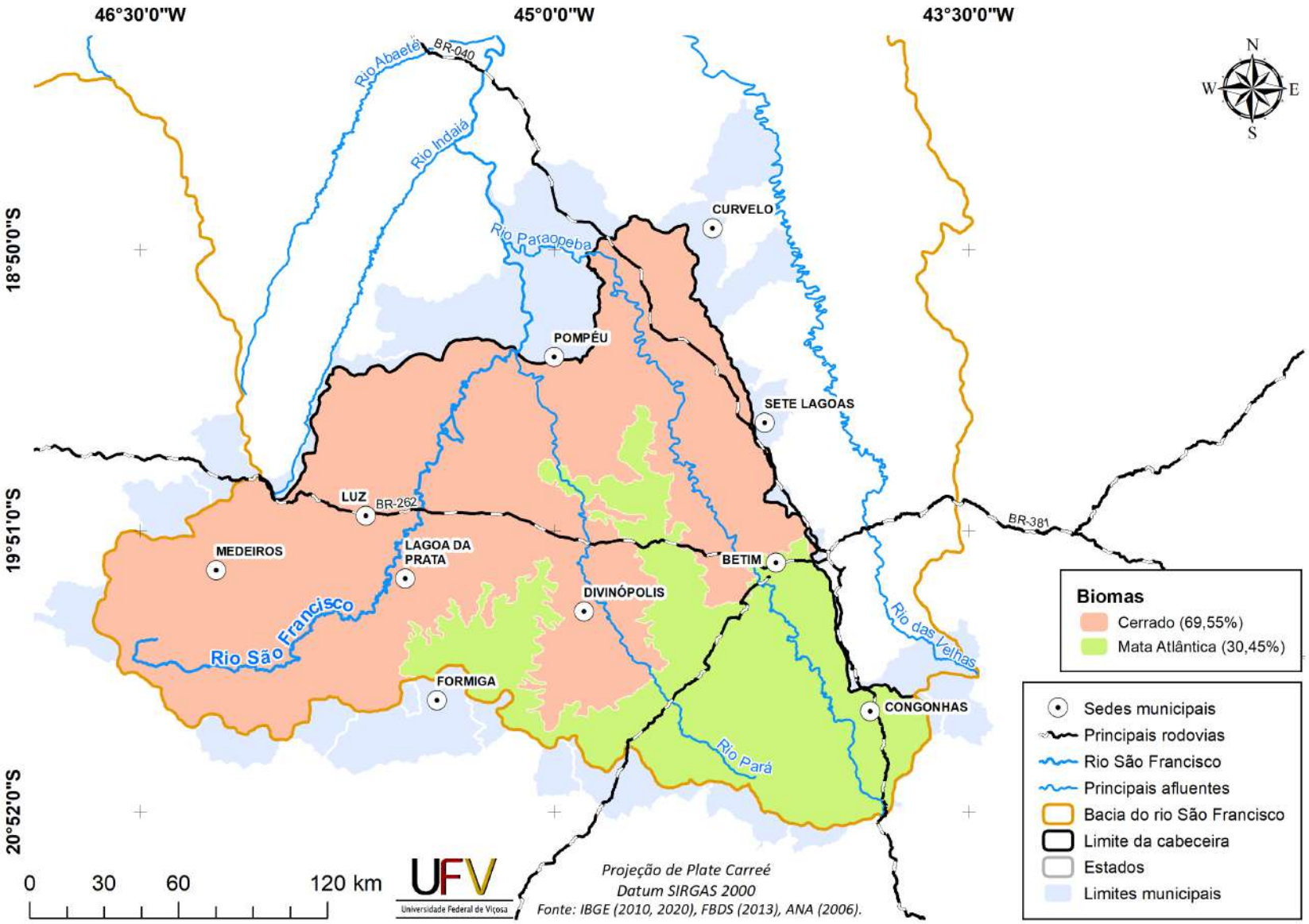


Figura 1.14. Limite de domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado na cabeceira da bacia do rio São Francisco.

lhões de habitantes (IBGE, 2010), dos quais 65% vivem em área urbana (ANA, 2015). O rio Parnaíba nasce na região de chapadões do Alto Parnaíba, nos contrafortes da Chapada das Mangabeiras, a 800 m de altitude. Possui a extensão de aproximadamente 1.400 km e seus principais afluentes são os rios Balsas, Gurguéia, Canindé/Piauí e Poti (MMA, 2006).

Para este trabalho foi selecionada uma área de 84.628,11 km² que contempla duas sub-bacias na cabeceira do rio Parnaíba: Parnaíba 01 (25.589,90 km²) e Parnaíba 02 (59.038,21 km²). A área destas sub-bacias selecionadas possui interseção, completa ou parcial, com 33 municípios, sendo que 16 municípios são do estado do Maranhão e 17 do estado do Piauí (**Tabela 1.4**).

Tabela 1.4. Lista de municípios e a respectiva área de interseção com as sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia hidrográfica do rio Parnaíba.

Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%	Município	Área na Sub-Bacia (Km²)	%
Municípios do estado do Piauí					
Alvorada do Gurguéia	124,89	5,9	Monte Alegre do Piauí	156,69	6,5
Antônio Almeida	642,95	99,7	Palmeira do Piauí	1114,36	55,1
Baixa Grande do Ribeiro	7808,81	100	Porto Alegre do Piauí	679,38	58,2
Barreiras do Piauí	2026,92	93,5	Ribeiro Gonçalves	3987,18	100
Bom Jesus	1379,31	25,2	Santa Filomena	5293,65	100
Currais	1885,45	59,7	São Gonçalo do Gurguéia	316,04	22,8
Gilbués	2658,81	76,1	Sebastião Leal	462,41	14,7
Guadalupe	381,97	37,2	Uruçuí	8049,48	95,7
Manoel Emídio	105,25	6,5			
Municípios do estado do Maranhão					
Alto Parnaíba	11047,4	99,3	Pastos Bons	578,82	35,4
Balsas	13122	99,9	Riachão	1829,57	28,6
Benedito Leite	1784,61	100	Sambaíba	2382,25	96,2
Fortaleza dos Nogueiras	1652,19	89,1	São Domingos do Azeitão	422,5	44
Loreto	3108,58	86,4	São Félix de Balsas	1735,17	85,4
Nova Colinas	741,81	99,8	São João dos Patos	541,28	36,5
Nova Iorque	978,29	100	São Raimundo das Mangabeiras	3120,4	88,5
Paraibano	0,14	0	Tasso Fragoso	4369,16	100

Caracterização dos meios socioeconômico e físico da área da sub-bacia da cabeceira do rio Parnaíba

SOCIOECONÔMICO

Os municípios da sub-bacia selecionada na cabeceira do Rio Parnaíba apresentam o nível de desenvolvimento socioeconômico regular, essa região é dotada principalmente por municípios pequenos e com menores níveis de desenvolvimento com pouca variação entre 2005 e 2016, entretanto, nos últimos anos essa região vem apresentando expansão da fronteira agrícola (IFDM, 2016). A falta de infraestrutura adequada é um dos principais entraves ao desenvolvimento da região, incluindo estradas, saneamento básico e energia elétrica. Em média, apenas 59,66% da água é tratada, 53,01% têm coleta de lixo, 17,94% têm coleta de esgoto e somente 11,17% possuem tratamento de esgoto (SNIS, 2020).

Entre os aspectos econômicos, essa cabeceira é de alta desigualdade, com atividades econômicas de pouco valor agregado, sendo a administração pública, em média, o maior empregador dos municípios analisados, com 50,15% (CAGED, 2020). Os municípios Tasso Fragoso e Balsas no Estado do Maranhão são os mais relevantes em geração de emprego e renda, em decorrência da atuação no agronegócio e estão entre os 30 mais ricos que atuam nesse setor no Brasil (IFDM, 2018).

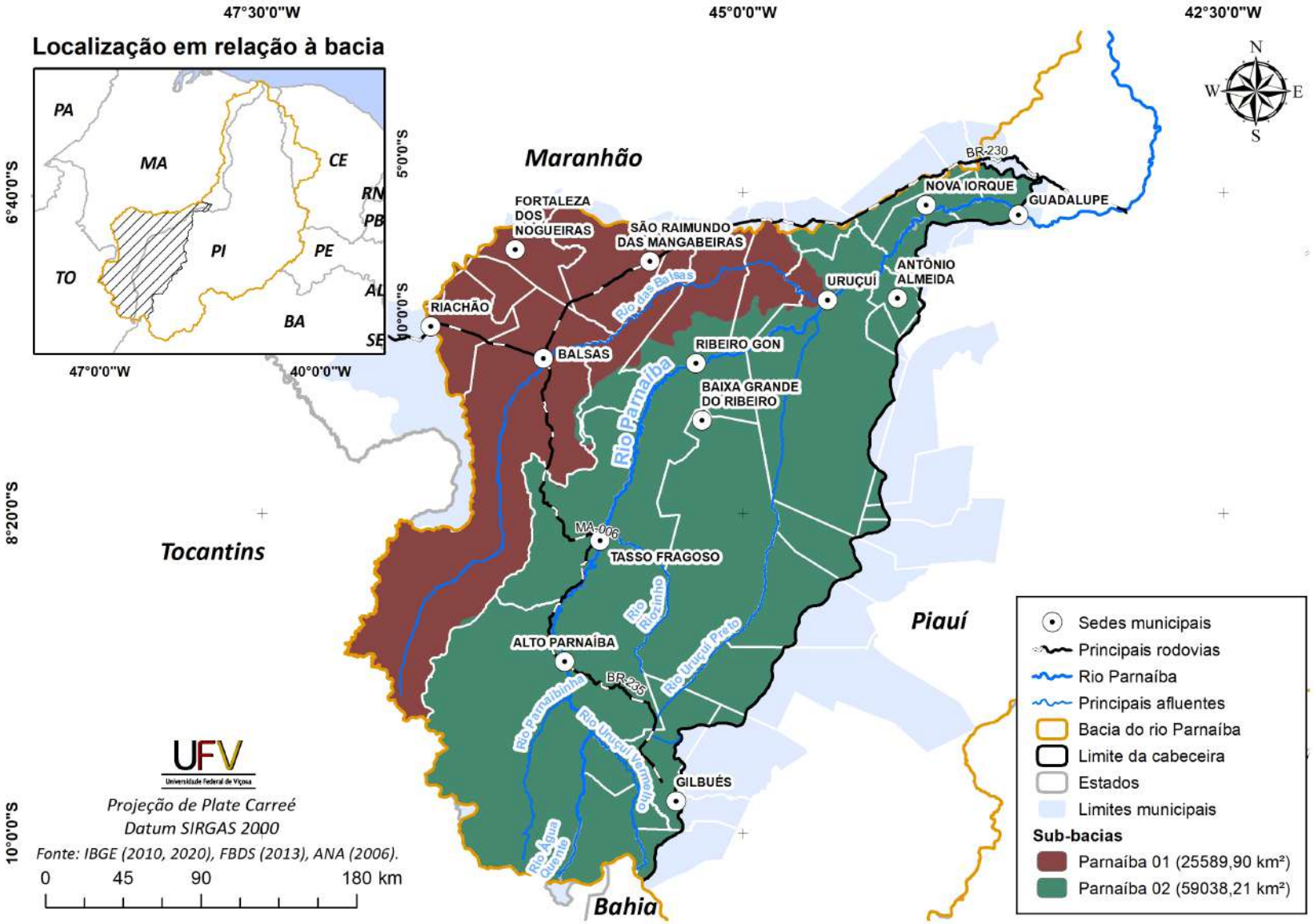


Figura 1.15. Limite da cabeceira selecionada na bacia hidrográfica do rio Parnaíba.

RECURSOS HÍDRICOS

O rio Parnaíba nasce na região de chapadões do Alto Parnaíba, nos contrafortes da Chapada das Mangabeiras, a 800 m de altitude. Possui a extensão de aproximadamente 1.400 km e seus principais afluentes são os rios Balsas, Gurguéia, Canindé/Piauí e Poti (MMA, 2006). Nas sub-bacias da cabeceira do rio Parnaíba consideradas neste estudo, o principal afluente do rio Parnaíba pela margem esquerda é o rio Balsas, enquanto pela margem direita destaca-se o rio Uruçuí Preto (**Figura 1.15**).

O rio Balsas, maior afluente do rio Parnaíba, nasce no estado do Maranhão a uma altitude média de 700 m, no ponto de encontro da chapada das Mangabeiras com a serra do Penitente, desaguando no rio Parnaíba à altura das cidades de Benedito Leite (MA) e Uruçuí (PI), após percorrer 525 km (MMA, 2006). Já o rio Uruçuí-Preto nasce entre as serras Grande e Vermelha/Uruçuí, a uma altitude de 550 m e se estende por aproximadamente 270 km, sendo que apenas nos seus últimos 70 km passa a ser perene (MMA, 2006).

As nascentes do Alto Parnaíba têm seus flancos dissecados no amplo anfiteatro erosivo que bordeja o chapadão divisor TO/BA/PI, desde o rio Medonho a oeste, até o rio Urucuzal, que drena a depressão "desertificada" de Gilbués. Os chapadões divisores se assentam sobre os profundos mantos de arenito orto-quartzoso, da Formação Urucuia (Cretáceo), que tem aqui seus conjuntos remanescentes mais setentrionais do Brasil. Os rios Medonho, Claro, Branco, Parnaibinha, Urucui Vermelho e Urucuzal têm suas encostas dissecadas em relevos tabulares, fracamente dissecadas, desenvolvidos sobre os Arenitos Triássicos da Formação Sambaíba, originando Neossolos Quartzarênicos com extensos cerrados, degradados.

PEDOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A região da cabeceira da bacia do Parnaíba abrangida neste estudo encontra-se sobre a província estrutural da bacia sedimentar paleozóica do rio Parnaíba. Assim como as outras bacias sedimentares do território brasileiro, trata-se de uma área deprimida (sinéclise) que após formada, foi gradativamente sendo preenchida por sedimentos desde o paleozóico. Dessa forma, a estratigrafia da área é caracterizada pela presença de sedimentos holocênicos nas áreas ativas de sedimentação, assentados sobre sedimentos do mesozóico, que por sua vez repousam sobre os sedimentos paleozóicos. A espessura média do pacote sedimentar na bacia é de 2.000 m. A natureza das rochas sedimentares é muito variável e engloba desde arenitos e diamictitos, até folhelhos e siltitos. Essa variabilidade decorre dos diferentes momentos de sedimentação aos quais a bacia esteve submetida. Além das rochas sedimentares, encontram-se rochas ígneas de idade jurássica/cretácea como as Formações Mosquito e Sardinha, respectivamente.

O relevo da área apresenta feições típicas de interflúvios tabulares emoldurados pela dissecação, gerando extensas chapadas que resistem aos processos erosivos a partir da natureza da rochas areníticas ou pela presença de lateritas nas bordas das chapadas (**Figura 1.16**). Nestas chapadas predominam solos bem desenvolvidos como Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, com textura variando de média a argilosa. Na porção mais ao sul da bacia, onde estão localizadas as principais nascentes do Rio Parnaíba, destacam-se os Neossolos Quartzarênicos, já no fundo dos vales ao longo de toda a área ocorrem Neossolos Litólicos desenvolvidos sobre rochas sedimentares distintas.

A contribuição das rochas ígneas do cretáceo se evidencia no desenvolvimento de pequenas áreas de solos mais avermelhados e de fertilidade natural melhor como Argissolos Vermelhos e Luvissolos Crômicos. Outros solos que têm importância na área são os Plintossolos Pétricos que são solos concrecionários muito resistentes ao intemperismo, e estão comumente relacionados com as bordas das chapadas, auxiliando no retardamento dos processos erosivos.

O perfil de elevação na cabeceira do rio Parnaíba foi o menor entre as áreas analisadas, com a elevação variando entre 128 e 816 m (**Figura 1.17**). As regiões elevadas estão distribuídas em áreas ao sul do município

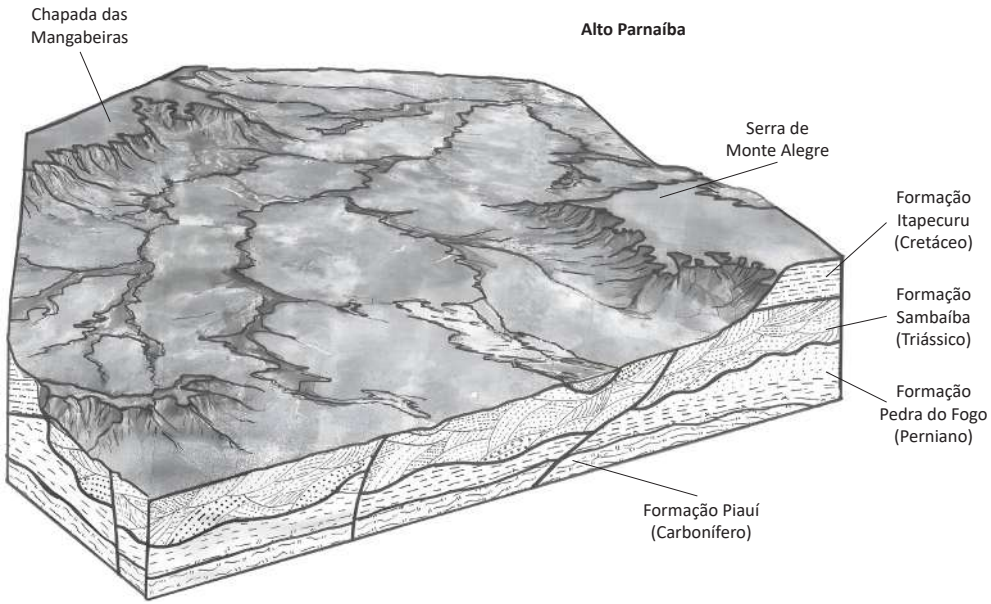


Figura 1.16. Bloco diagrama representativo do Alto Parnaíba, cabeceira da bacia hidrográfica do rio Parnaíba.

de Balsa, Maranhão, e ao norte, próximo à divisa da cabeceira, nos municípios maranhenses de Fortaleza dos Nogueiras e Riachão. As áreas mais elevadas, a partir de 510 m, correspondem aos chapadões na paisagem da cabeceira da bacia, enquanto que a porção logo abaixo, entre 450 e 509 m, estão as áreas dissecadas adjacentes. As regiões mais baixas, inferior a 383 m, estão associadas às calhas dos rios Parnaíba e Balsas, principalmente à nordeste da sede do município de Balsas, MA e próximo à foz da cabeceira.

BIOMAS E VEGETAÇÃO

A cabeceira analisada do rio Parnaíba está inserida no domínio do bioma Cerrado (99,9995%), próxima geograficamente ao limite com o bioma Caatinga. A transição entre esses biomas se estende por todo o limite ao leste da sub-bacia Parnaíba 02, no estado do Piauí, onde há uma intercessão de porção diminuta da área com o limite da Caatinga (0,0005%) (**Figura 1.18**).

A vegetação predominante na área é típica de formações savânicas, como Cerrado Típico, Denso, Ralo e Vereda. Formações campestres também são encontradas, como áreas de Campo (Sujo e Limpo). Essas fitofisionomias estão dispostas na paisagem em mosaicos, com distribuição intrínseca às formas do relevo, formadas por chapadas areníticas delimitadas por rebordos erosivos, com variações na inclinação da dissecação. Essas chapadas estão separadas por amplos vales.

Há áreas contínuas com formações savânicas sobre Latossolo, no relevo plano das chapadas, e muitos desses remanescentes estão sendo suprimidos para implantação de culturas agrícolas de larga escala. Nas encostas das chapadas e nos interflúvios dos grandes vales interplanálticos, transições entre áreas de Formações Savânica e campestre são observadas, com dominância entre uma ou outra relacionada ao tipo de solo/relevo predominante. As Veredas também estão presentes nos vales interplanálticos, em depressões com sedimentos arenosos que favorecem a formação de planícies de inundação. Com menor expressão em dimensão de área na cabeceira, áreas de formações florestais também são observadas, principalmente associadas à hidrografia, no sopé de vertentes íngremes ou escarpas e fundo de vales encaixados.

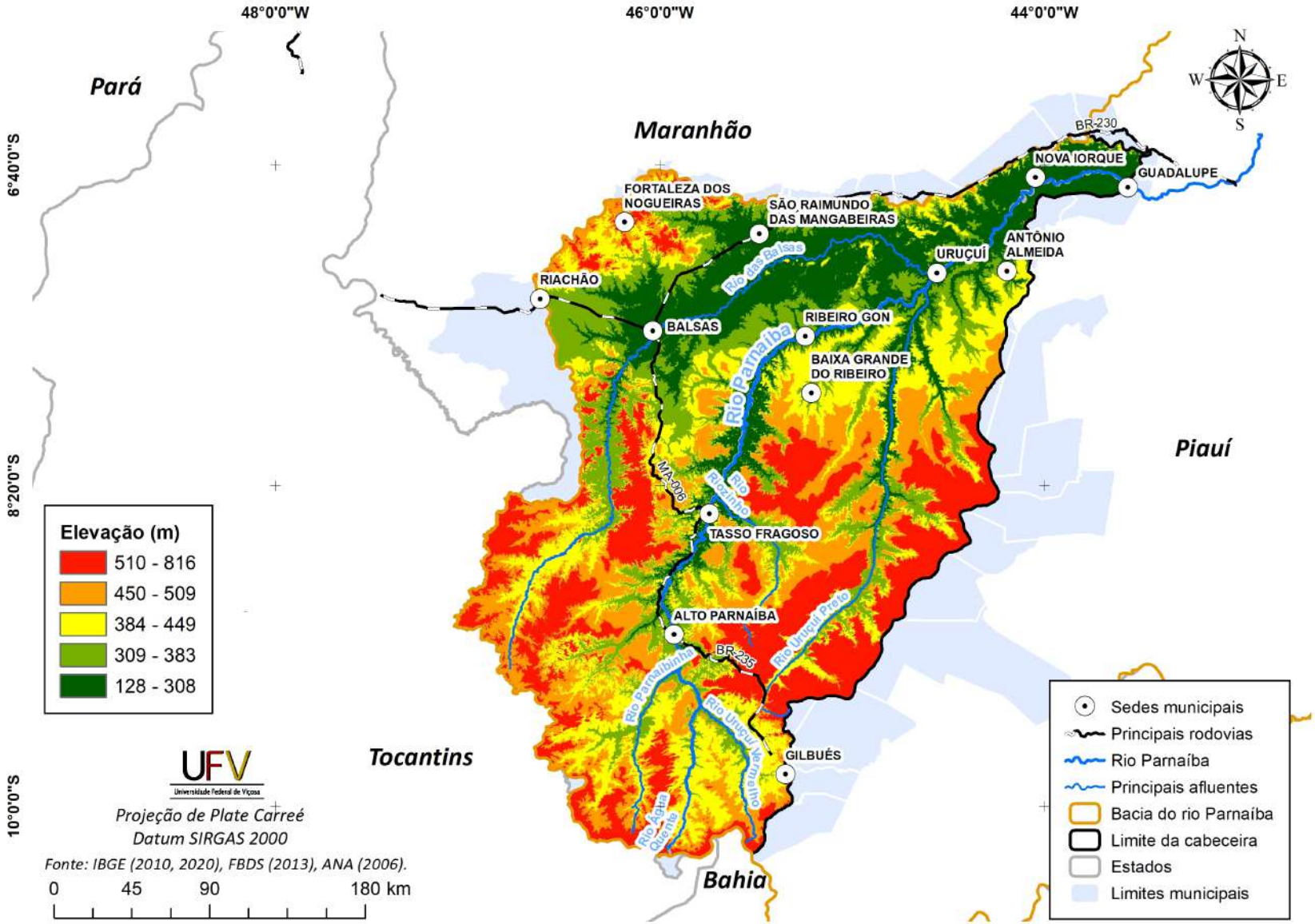


Figura 1.17. Elevação na área das sub-bacias selecionadas na cabeceira da bacia do rio Parnaíba.

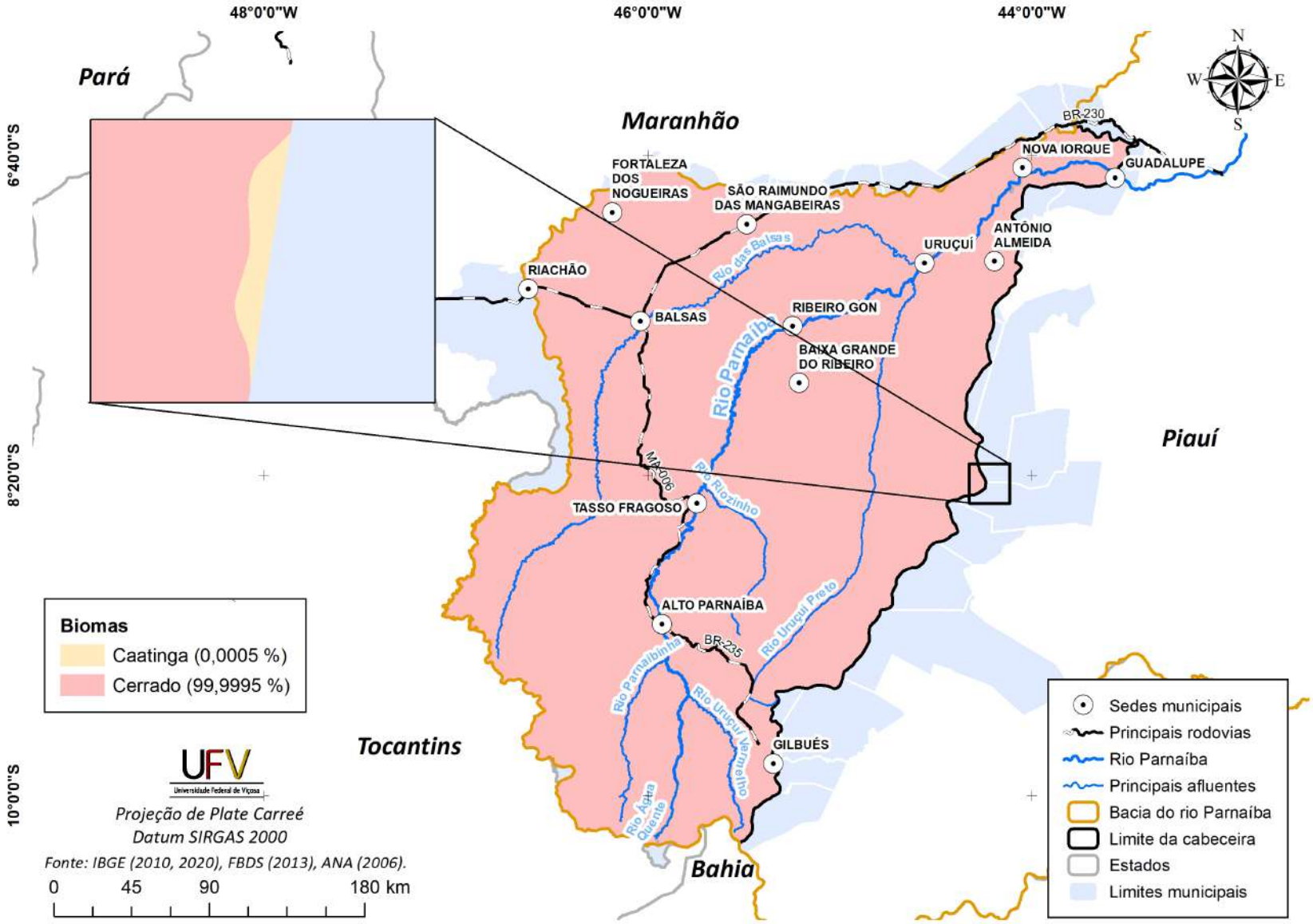


Figura 1.18. Limite de domínio dos biomas Cerrado e Caatinga na cabeceira da bacia do rio Parnaíba.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. T.; ABREU, M. C.; FRAGA, M. S.; SILVA, D. D.; CECÍLIO, R. A. Aspectos morfométricos relacionados ao estudo de enchentes na bacia do rio Sapucaí, Minas Gerais. **Nativa**, v. 5, n. 3, p. 169-174, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **TDR para contratação de empresa para prestação de serviços técnicos de apoio à gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos a montante da UHE Batalha**. Brasília, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nível 2 de Sub-bacias do Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de Recursos Hídricos e do Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Brasília: ANA, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS**. Brasília: DATASUS, 2020

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **A bacia do Rio São Francisco**. Disponível em: <https://cbhriopara.org.br/rio-para/a-bacia/>.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Os principais afluentes do Velho Chico**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/os-principais-afluentes-do-velho-chico/>.

COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Áreas kimberlíticas e diamantíferas no Estado de Minas Gerais**. Brasília: CPRM, 2017.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F. Atualização dos Estudos Hidrológicos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Grande e Piracicaba/Jaguari em Minas Gerais. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 8., 2004, São Luís. **Anais** [...] São Luís: Atlas digital das águas de Minas Gerais, 2004. p. 1-5.

GUIDOLINI, J. F.; OMETTO, J. P. H. B.; NERY, T. D.; ARCOVERDE, G. F. B.; GIAROLLA, A. Hydro-geomorphological characterization of the Rio Grande Basin, Brazil, using geospatial approach. **Sustainable Water Resources Management**, v. 6, p. 1-10, 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Paraopeba**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande(BHRG) – SP/MG**. São Paulo: IPT, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Microdados RAIS e CAGED**. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/microdados-rais-e-cageds>.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília: MMA, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**: Caderno Nordeste. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=2>.

SISTEMA FIRJAN. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM (2016)**. Disponível em: <https://firjan.com.br/ifdm/downloads/>.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Painel de informação sobre saneamento. Disponível em: <SNIS — Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (www.gov.br)>. Acesso em 17 de outubro de 2022.

UFV
Universidade Federal de Viçosa

MINISTÉRIO DA
INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO