

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS**

MATHEUS DUARTE SANTOS

**ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE GEODIVERSIDADE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO EM MINAS GERAIS**

BELO HORIZONTE

2020

MATHEUS DUARTE SANTOS

**ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE GEODIVERSIDADE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Prof. Dra. Úrsula Ruchkys de Azevedo

Coorientador: Dr. Eric Oliveira Pereira

UFMG

BELO HORIZONTE

2020

S237a Santos, Matheus Duarte.
2020 Análise dos serviços de geodiversidade na bacia hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais [manuscrito] / Matheus Duarte Santos. – 2020.
74 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo.

Coorientador: Eric Oliveira Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2020.

Bibliografia: f. 70-74.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Geodiversidade – Minas Gerais – Teses. 3. São Francisco, Rio – Teses. I. Ruchkys, Úrsula de Azevedo. II. Pereira, Eric Oliveira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS
AMBIENTAIS



FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE GEODIVERSIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO EM MINAS GERAIS

MATHEUS DUARTE SANTOS

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE, MODELAGEM E GESTÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 27 de maio de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Úrsula Ruchkys de Azevedo - Orientadora
UFMG

Prof. Paulo de Tarso Amorim Castro
UFOP

Prof. Maria Márcia Magela Machado
UFMG

Belo Horizonte, 27 de maio de 2020.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter alcançado esta conquista.

Agradeço a minha linda mãe Luzia que hoje habita outro plano espiritual e ao meu grande pai Waldir, que me ensinaram o caminho do bem e da batalha.

Agradeço aos meus irmãos Thiago e Michelle por incentivarem e acreditarem nesta empreitada.

À Gabriela por sempre ter me dá forças quando precisei.

Agradeço a minha professora e orientadora Úrsula Ruchkys por todo o empenho e dedicação para que esta dissertação fosse feita da melhor forma possível.

Minha gratidão aos professores Márcia Magela e Paulo de Tarso pela participação na banca e pelas excelentes contribuições.

Agradeço ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM – que me proporcionou crescimento pessoal e profissional. Tenho muito orgulho em fazer parte desta grande instituição.

Agradeço a Carolina Cristiane do IGAM e ao Fabrício Lisboa da SEMAD pelo auxílio na estatística e geoprocessamento respectivamente.

À Júlia Piazi, colega do mestrado, pelo companheirismo e amizade nesta jornada.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho fosse finalizado com sucesso!

RESUMO

Geodiversidade é um conceito utilizado a partir da década de 1990 para designar os elementos abióticos da natureza bem como seus processos ativos. Desde seu surgimento sua utilização tem se tornado corrente no jargão científico com aplicação em vários contextos em estudos ambientais. As abordagens incluem pesquisas envolvendo geoturismo, geoconservação, quantificação da geodiversidade, além de sua valoração por meio de seus bens e serviços, dentre outros. Os serviços geossistêmicos são os benefícios (bens e serviços) que as pessoas obtêm da natureza e podem ser divididos em quatro grandes categorias: serviços de regulação, de apoio, de provisão e serviços culturais. No Brasil as pesquisas em geodiversidade, embora tenham aumentado nos últimos anos, ainda são incipientes e há muito a ser realizado. Nesse contexto o trabalho tem como objetivo mapear e analisar os serviços da geodiversidade da bacia hidrográfica do rio São Francisco (porção Minas Gerais) utilizando como referência as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs). Os métodos da pesquisa envolveram seis etapas: seleção e aquisição dos dados, tratamento e espacialização do banco de dados, normalização dos dados, sobreposição (overlay) dos serviços da geodiversidade, análise de Kernel e exemplos de serviços em destaque. Os resultados indicam a UPGRH SF5 com grande disponibilidade de serviços de geodiversidade. Outras UPGRHs também se destacam como as UPGRHs SF1, SF3 e SF7. Acredita-se que este trabalho contribui de forma inovadora na perspectiva da gestão dos recursos hídricos pelo Estado de Minas Gerais ao oferecer uma análise dos serviços da geodiversidade existentes na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco considerando suas UPGRHs.

Palavras Chave: Modelagem, Geodiversidade, Rio São Francisco

ABSTRACT

Geodiversity is a concept used since the 1990s to designate the abiotic elements of nature as well as their active processes. Since its inception, its use has become common in scientific jargon with application in various contexts in environmental studies. The approaches include research involving geotourism, geoconservation, quantification of geodiversity, in addition to its valuation through its goods and services, among others. Geosystemic services are the benefits (goods and services) that people derive from nature and can be divided into four broad categories: regulation, support, provision, and cultural services. In Brazil, research on geodiversity, although it has increased in recent years, is still incipient and there is much to be done. In this context, the work aims to map and analyze the geodiversity services of the São Francisco River basin (Minas Gerais portion) using the Water Resources Planning and Management Units (UPGRHs) as a reference. The research methods involved six steps: selection and acquisition of data, treatment and spatialization of the database, data normalization, overlay of geodiversity services, kernel analysis and examples of highlighted services. The results indicate the UPGRH SF5 with great availability of geodiversity services. Other UPGRHs also stand out as the UPGRHs SF1, SF3 and SF7. It is believed that this work contributes in an innovative way in the perspective of the management of water resources by the State of Minas Gerais by offering an analysis of the existing geodiversity services in the São Francisco River Basin considering its UPGRHs.

Keywords: Modeling, Geodiversity, São Francisco River

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1. Geodiversidade.....	13
2.2. Serviços Ecosistêmicos e Serviços da Geodiversidade.....	14
2.3. O Uso de Geotecnologias na Área da Geodiversidade.....	16
3. A ÁREA DE ESTUDO.....	19
3.1. Rio São Francisco – A Bacia Federal.....	19
3.2. Rio São Francisco em Minas Gerais.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. Seleção e Aquisição dos Dados.....	26
4.2. Tratamento da Base de Dados.....	28
4.3. Normalização dos Dados.....	29
4.4. Sobreposição (Overlay) dos Serviços da Geodiversidade.....	29
4.5. Análise de Kernel.....	30
4.6. Análise dos Serviços em Destaque nas UPGRHs.....	30
5. RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	31
5.1. Os Serviços de Regulação nas UPGRHs.....	31
5.2. Os Serviços de Apoio nas UPGRHs.....	35
5.3. Os Serviços de Provisão nas UPGRHs.....	39
5.4. Os Serviços Culturais nas UPGRHs.....	43
5.5. Os Serviços de Geodiversidade nas UPGRHs.....	51
5.6. Densidade de Serviços nas UPGRHs.....	53
5.6.1 Densidade dos Serviços de Regulação nas UPGRHs.....	54
5.6.2 Densidade dos Serviços de Apoio nas UPGRHs.....	56
5.6.3 Densidade dos Serviços de Provisão nas UPGRHs.....	58
5.6.4 Densidade dos Serviços Culturais nas UPGRHs.....	60
5.6.5 Densidade dos Serviços de Geodiversidade nas UPGRHs.....	62
5.7. Os Serviços em Destaque nas UPGRHs.....	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais - UPGRHs.....	23
Figura 02: Recorte das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRHs – do Rio São Francisco em Minas Gerais.....	24
Figura 03: Fluxograma das Etapas Metodológicas.....	26
Figura 04: Mapa de Ocorrências de Serviços de Regulação.....	32
Figura 05: Mapa de Ocorrências de Serviços de Apoio.....	36
Figura 06: Mapa de Ocorrências de Serviços de Provisão.....	40
Figura 07: Mapa de Ocorrências de Serviços Culturais.....	44
Figura 08: Mapa de Ocorrências de Serviços de Geodiversidade.....	52
Figura 9: Densidade de Serviços de Regulação nas UPGRHs.....	55
Figura 10: Densidade de Serviços de Apoio nas UPGRHs.....	57
Figura 11: Densidade de Serviços de Provisão nas UPGRHs.....	59
Figura 12: Densidade de Serviços Culturais nas UPGRHs.....	61
Figura 13: Densidade de Serviços de Geodiversidade nas UPGRHs.....	63
Figura 14: Serviços em Destaque nas UPGRHs.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Serviços Ecossistêmicos Abióticos.....	15
Tabela 2: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.....	21
Tabela 3: Variáveis dos Serviços de Geodiversidade.....	26

SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CECAV	Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CODEMGE	Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes
IEPHA	Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SETUR	Secretaria de Estado de Turismo
SIGEP	Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UHE	Usinas Hidrelétricas
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial ocorrida no final do século XVII foi o ponto de partida para grandes mudanças no planeta. No entanto, à questão ambiental somente passou a ser amplamente discutida a partir da década de 1970 com a realização de eventos importantes destacando: o Clube de Roma (1972); A Conferência das Nações Unidas em Estocolmo (1972); a Conferência de Belgrado (1975); a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tbilisi (1977) (POTY e ESTRELA, 2017).

As discussões sobre questões ambientais, inauguradas na década de 1970, continuaram ao longo dos anos e várias abordagens foram sendo incorporadas, dentre elas o conceito de biodiversidade, apresentado por Wilson durante o National Forum on BioDiversity (Fórum Nacional sobre Biodiversidade) realizado em 1986 na cidade de Washington. Franco (2013) destaca que durante os anos 1980 a diversidade da vida foi objeto de pesquisa para os cientistas e motivo de preocupação para ativistas ambientais. O apelo para salvar espécies ameaçadas de extinção levou a criação de muitas áreas protegidas por lei, que para além da conservação da fauna e flora selvagens, visavam também à proteção de paisagens e aspectos geológicos de grande beleza.

Buscando chamar a atenção sobre os aspectos abióticos da natureza, o termo geodiversidade apareceu em 1990, tendo sido utilizado por Sharples em 1993. A partir de então seu uso tem se tornado corrente no jargão científico com aplicação em vários contextos em estudos ambientais.

A geodiversidade é compreendida como “a diversidade de características, assembleias, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas da paisagem) e do solo” (SHARPLES, 1993). De modo geral, pode-se afirmar que a biodiversidade encontra a base para se fixar e desenvolver na diversidade dos ambientes abióticos (BRUSCHI, 2007).

A geodiversidade sustenta e fornece muitos serviços ecossistêmicos vitais para o meio natural. Alguns desses serviços operam em escala global, por exemplo, circulações atmosféricas e oceânicas, mas muitos serviços têm papel fundamental em níveis locais e regionais como o fornecimento de água doce, alimentos, madeira, entre outros. Esses serviços foram agrupados de acordo com seu conteúdo: regulação, apoio, cultural e provisão (GRAY, 2013). A compreensão desses serviços é importante para a

manutenção do equilíbrio ambiental e para a sustentabilidade e uso pelas futuras gerações.

Os serviços de regulação englobam as funções dos ecossistemas como reguladores das condições ambientais naturais. Por exemplo: as florestas influenciam na chuva, na disponibilidade de água e na qualidade do solo, além de regularem o ar por meio da captura de poluentes. Os serviços de apoio são serviços ecossistêmicos necessários para que os outros serviços existam. De maneira indireta e em longo prazo, eles correspondem à formação de solo e *habitats*; ciclo dos nutrientes; produção de oxigênio; entre outros. Os serviços culturais representam os benefícios não materiais que os ecossistemas oferecem. Eles podem oferecer recreação física e mental; turismo ecológico; apreciação estética; enriquecimento espiritual; entre outros. Os serviços de provisão englobam todos os materiais de consumo providos pelos ecossistemas, sejam alimentos (frutos, raízes, animais, mel, vegetais); matérias-primas para construção e combustível (madeira, biomassa, óleos de plantas); água potável (qualidade e quantidade); recursos genéticos ou medicinais; entre outros (GRAY, 2013). Devido à importância desses serviços da geodiversidade, torna-se essencial conhecer a sua disposição espacial para a implantação de medidas voltadas para a sua manutenção; seu uso racional; e/ou sua conservação.

Nesse contexto o trabalho tem como principal objetivo mapear e analisar os serviços da geodiversidade da bacia hidrográfica do rio São Francisco (porção Minas Gerais) utilizando como referência as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs). Os objetivos específicos são: (a) analisar e descrever os serviços de geodiversidade (regulação, apoio, provisão e culturais) por UPGRH, (b) comparar as dez Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Instituto Mineiro de Gestão das Águas em relação aos serviços da geodiversidade disponíveis e (c) estabelecer áreas de densidade de serviços nas UPGRHs.

A dissertação está organizada em 6 (seis) capítulos. O primeiro, INTRODUÇÃO, apresenta o tema bem como os objetivos da pesquisa. O segundo capítulo, REFERENCIAL TEÓRICO, aborda os principais conceitos, definições e termos usados no contexto da geodiversidade. O terceiro capítulo, A ÁREA DE ESTUDO, fornece uma ideia geral das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais. O quarto capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para atingir o objetivo do trabalho e

foi denominado de MATERIAIS E MÉTODOS. A quinta parte, RESULTADOS E DISCUSSÕES, apresenta e discute os mapas de serviços e densidades de serviços de geodiversidade gerados e por último apresenta exemplos de serviços em destaque nas UPGRHs. O último capítulo, CONSIDERAÇÕES FINAIS, apresenta as conclusões do estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Geodiversidade

O termo geodiversidade começou a ser utilizado recentemente para descrever os elementos abióticos do meio natural. Sharples (1993) o define como “a diversidade de características, assembleias, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas da paisagem) e do solo”. Pode ser entendida como uma variação complexa de rochas, depósitos não consolidados, relevo e processos que formam a paisagem e pode ser descrita como a diversidade de fenômenos geológicos e geomorfológicos em uma dada área (JOHANSSON, 2000). Stanley (2001) apresenta o conceito de geodiversidade como a variação dos ambientes geológicos, fenômenos e processos que constituem essas paisagens, rochas, minerais, fósseis e solos, os quais sustentam a vida na Terra. A geodiversidade pode ser entendida como o número e variedade de estruturas, formas e processos geológicos que constituem o substrato de uma região, sobre as quais assenta a atividade orgânica, incluindo a atividade antrópica (NIETO, 2001).

Para Gray (2004) o termo geodiversidade surge com um objetivo aplicado, como um conceito que possa abranger os elementos abióticos do meio natural, tendo sido inicialmente utilizado por geólogos e geomorfólogos.

Kozlowski (2004) define a geodiversidade como:

Variedade natural da superfície terrestre, envolvendo os aspectos geológicos e geomorfológicos, solos, águas superficiais, bem como todos os demais sistemas resultantes de processos naturais (endógenos e exógenos) ou antrópicos (KOLOWSKI, 2004, p.834).

Serrano & Ruiz-Flaño (2007), usam o termo geodiversidade para definir a variabilidade da natureza abiótica, incluindo os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos e os processos físicos da superfície terrestre, mares, oceanos, juntos aos processos naturais endógenos, exógenos e antrópicos que compreendem a diversidade de partículas, elementos e lugares.

Autores brasileiros também se dedicaram a formulação do conceito de geodiversidade com destaque para o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2008):

Natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (CPRM, 2008, p. 34).

No conceito adotado pela CPRM estão incluídos os valores da geodiversidade que estão relacionados aos serviços ecossistêmicos providos pelos elementos abióticos da natureza: cultural, estético, econômico, científico, educativo e turístico.

2.2 Serviços Ecossistêmicos e Serviços da Geodiversidade

Com o propósito de destacar a importância da geodiversidade, alguns autores passaram a atribuir valores aos serviços disponibilizados pelo meio abiótico. Sharples (2002) destaca os valores: intrínsecos, ecológicos e antropocêntricos. Dois anos depois, Gray (2004) amplia os valores atribuídos a geodiversidade incluindo os aspectos: culturais, estético, econômico, funcional, científico e educativo. O mesmo autor, a partir dos serviços do ecossistema abiótico destacados na Avaliação Ecossistêmica do Milênio (ONU, 2005), denomina os serviços de geodiversidade em: culturais (que incluem os serviços de conhecimento); de apoio; de regulação e de provisão (GRAY, 2013). Todos esses serviços são ligados ao valor intrínseco que é também conhecido como valor de existência. O valor de existência da natureza exprime a condição de existir e ser dos elementos naturais trazendo no bojo a singularidade do respeito à vida dos organismos vivos, dos ecossistemas e dos processos terrestres geofísicos, cujos valores inserem significados além da dimensão econômica, social, histórica, cultural, estética, etc., que caracterizam as ações e os comportamentos humanos (BEZERRA, 2018).

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios (bens e serviços) que as pessoas obtêm dos ecossistemas/natureza. Esses benefícios podem ser tangíveis (Ex: alimentos), mas também intangíveis (por exemplo, benefícios psicológicos de um ambiente natural) que são difíceis de avaliar em termos financeiros. Segundo Gray (2013), é importante o processo de avaliar o valor da natureza para a sociedade em termos qualitativos e quantitativos. Por definição, a abordagem ecossistêmica inclui elementos abióticos e bióticos interagindo como unidades funcionais. No entanto, o reconhecimento da geodiversidade em nível político permanece baixo, e até agora está mal integrado na abordagem ecossistêmica, apesar de ser base fundamental para muitas funções e serviços essenciais do ecossistema (GRAY, 2013).

A proposição de um sistema de valoração teve como objetivo demonstrar a importância desses serviços para o bem-estar humano visto que muitos deles estão sendo degradados e perdidos. Com base em Gray (2013) os serviços ecossistêmicos abióticos ou serviços ecossistêmicos da geodiversidade podem ser divididos em quatro grandes categorias: regulação; apoio; provisão; e culturais (Tabela 1).

SERVIÇOS	VARIÁVEIS
REGULAÇÃO	1. Processos atmosféricos e oceânicos (dinâmicas de circulação; química atmosférica; qualidade do ar e regulação do clima; ciclo hidrológico).
	2. Processos terrestres (ciclo das rochas; ciclo do carbono e outros ciclos biogeoquímicos; sequestro de carbono; regulação do clima; processos geomorfológicos)
	3. Regulação da inundação (infiltração; ilhas; diques dos rios; dunas de areia; várzeas).
	4. Regulação da qualidade da água (solo e rocha como filtros naturais).
APOIO	5. Processos do solo (intemperismo; desenvolvimento do perfil do solo) e solo como meio de crescimento.
	6. Provisão de habitat (habitats; cavernas; falésias; salinas)
	7. Terra e água como plataforma para atividade humana (terra; ondas; marés).
	8. Enterro e armazenamento (enterros humanos e de animais; aterros municipais; armazenamento de resíduos radioativos; reservatórios de petróleo e gás)
PROVISÃO	9. Comida e bebida (água doce e água mineral; sal).
	10. Nutrientes e minerais para uma alimentação saudável.
	11. Combustível (carvão, óleo, gás, urânio); energia (geotérmica; hidrelétrica; energia de ondas e marés; energia eólica).
	12. Materiais de construção (pedra, tijolo, agregados, aço, cimento, betume, ardósias, vidro).
	13. Minerais industriais (fertilizantes, produtos farmacêuticos, metais, ligas).
	14. Produtos ornamentais (pedras preciosas e semipreciosas; metais).
15. Fósseis	
CULTURAIS	16. Qualidade ambiental (local/caráter da paisagem; terapêutico, paisagens para saúde e bem-estar)
	17. Geoturismo e lazer (vistas das montanhas, recepção ao ar livre, escalada, coleta de fósseis)
	18. Cultural, espiritual e histórico (Folclore, senso de lugar, lugares sagrados)
	19. Inspiração artística (geologia em escultura, literatura, música, poesia, pintura)
	20. Desenvolvimento social (sociedade geológica, voluntariado, viagens de campo)
	21. História da Terra (evolução de vida; extinção; origem de formas de relevo)
	22. História da pesquisa (no início, identificação de discordâncias, fósseis, rochas)
	23. Monitoramento ambiental e previsão (estudo de linha de base para clima, mudanças do nível do mar).
	24. Geoparques.
25. Educação e emprego (sites para viagens de campo, empregos em geoparques).	

Tabela 01: Serviços Ecossistêmicos Abióticos. Fonte: (GRAY, 2013)

O serviço de regulação da geodiversidade compreende os processos que têm por finalidade o controle natural das condições ambientais, seja do ar, da água e dos solos. Controla a disponibilização destes recursos, sua quantidade e qualidade. São compreendidos pelos serviços de regulação os processos atmosféricos e oceânicos, o ciclo hidrológico e a química atmosférica, além de processos terrestres, como o ciclo do carbono, controle de inundação e qualidade da água.

Os serviços de apoio são aqueles relacionados ao desenvolvimento de atividades do ser humano ou da própria natureza, e que dependam diretamente dos solos e rochas para serem realizados. Compreendem a disponibilização de recursos para algumas atividades do homem e da biota do planeta. Processos do solo, como desenvolvimento de perfis pedológicos, disponibilização de habitat, plataforma, além de sepultamento e armazenamento são processos e bens naturais relativos ao serviço de suporte da geodiversidade.

Os serviços de provisão da geodiversidade são os responsáveis por disponibilizar bens materiais para as sociedades humanas, são os de mais fácil compreensão porque, na maioria dos casos, possuem um valor monetário associado ao bem, que passa a ser tratado como produto. São bens e processos relativos aos serviços de provisão: alimentação e bebida, nutrientes e minerais para crescimento saudável, combustíveis minerais, materiais de construção, minerais, industriais e metálicos, gemas e fósseis. Apesar de na Europa a comercialização de fósseis ser permitida, a legislação brasileira impede este tipo de atividade, assim é preciso fazer observação a esta diferença no momento de aplicação do sistema.

Os serviços culturais estão relacionados com a relação da sociedade a algum aspecto abiótico do ambiente por seu significado social ou comunitário. São processos e bens dos serviços culturais: qualidade ambiental, que se refere ao apelo estético das paisagens, além de ecoturismo e atividades de lazer, significado cultural, espiritual e histórico, inspiração artística e desenvolvimento social.

Os serviços da geodiversidade podem ser estudados de forma qualitativa e/ou quantitativa. No caso das pesquisas quantitativas, muitos estudos têm se baseado no uso de geotecnologias.

2.3 O Uso de Geotecnologias na Área da Geodiversidade

Com o avanço cada vez maior nos estudos relacionados à geodiversidade surgiram várias formas de abordagem nessa área. São muitos os exemplos de pesquisas que tratam a geodiversidade sob diferentes aspectos, que incluem, dentre outros, abordagens culturais, econômicas, sociais e ambientais (PEREIRA, 2013). Barbosa (2003) considera as geotecnologias como o conjunto de ferramentas e materiais utilizados no auxílio de análises de informações espaciais, englobando o uso de imagens de satélites, Sistemas de Posicionamento Global – GPS, Sistemas de Informações

Geográficas - SIG, entre outros. Nesse sentido destaca-se o uso do geoprocessamento que constitui importante instrumento para análises ambientais que subsidiam ações dos tomadores de decisão. A principal função do geoprocessamento é de fornecer ferramentas que permitam aos analistas determinarem as evoluções espaciais e temporais dos mais diversos tipos de fenômenos por meio da análise conjunta de diversos tipos de dados (CÂMARA, 2001). Barbosa (2003) destaca que os SIG apresentam uma diversidade de aplicações em várias áreas: agricultura, cartografia, floresta, solos, geofísica, cadastro urbano, redes de concessionárias (água, energia e telefonia), etc.

A utilização de geotecnologias em trabalhos envolvendo serviços ecossistêmicos e geossistêmicos é comprovada por meio de vários trabalhos publicados nos últimos anos. Atanzio (2010) utilizou geotecnologias para criar um índice com o objetivo de subsidiar a definição de pagamento por produtores rurais referentes aos serviços ambientais prestados pelas florestas em suas propriedades no município de Apucarana no estado do Paraná.

Coelho (2017), com técnicas de geoprocessamento, gerou mapas com potencial de serviços ecossistêmicos do município de Arcos em Minas Gerais. O autor desenvolveu uma Matriz de Classificação de Serviços Ecossistêmicos a partir das classes de uso do solo do município. Para cada classe de uso do solo, a partir da sua associação com diferentes tipos de serviços ecossistêmicos (provisão, regulação e culturais), o autor atribuiu um valor. A partir de análise multicritério e álgebra de mapas em ambiente SIG foram gerados três mapas de Potenciais Serviços Ecossistêmicos: Regulação, Provisão e Cultural.

Silva (2018) trabalhou com geoprocessamento utilizando lógica *fuzzy* na geração de um mapa índice da geoconservação da geodiversidade funcional, expressando áreas que estão sofrendo maior impacto na geodiversidade funcional e necessidades de ações e estratégias para que possam ser conservadas nas bacias hidrográficas Água Quente e Água Fria no município de São Carlos em São Paulo, integrantes do aquífero Guarani.

As geotecnologias têm sido amplamente utilizadas, em especial, para o cálculo de índices de geodiversidade. Xavier-da-Silva et al. (2004) utilizaram o software SAGA, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para gerar índices de geodiversidade para a bacia do rio Guandu, no Rio de Janeiro com base na análise integrada. Serrano & Ruiz-Flaño (2007) desenvolveram um método baseado em

SIG para quantificação da geodiversidade utilizando modelos de riqueza, densidade e distribuição e índices de diversidade.

Manosso & Ondicol (2012) utilizando os conceitos de riqueza e abundância, consagrados para análise de aspectos da biodiversidade, propuseram metodologia para quantificação e avaliação da distribuição espacial da geodiversidade. Estes autores apontam a necessidade de se estabelecer uma escala de referência para a análise e, dentro desta escala, utilizar a cartografia para espacialização e interpretação dos elementos relativos à geodiversidade. Silva (2012) realizou sua pesquisa para avaliar a diversidade de padrões de canais fluviais e a geodiversidade na bacia do Rio Xingu, na Amazônia brasileira, demonstrando a importância da geomorfologia fluvial como componente para os estudos da geodiversidade.

3. A ÁREA DE ESTUDO

3.1. Rio São Francisco - A Bacia Federal

A bacia do Rio São Francisco abrange 631.133 km² e se estende por quase 2900 km, servindo a múltiplos usos: abastecimento doméstico; abastecimento industrial; irrigação; pesca; energia hidrelétrica e transporte (SANTOS et al., 2012).

A bacia está inserida em sete unidades da federação: Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%), Goiás (0,5%), e Distrito Federal (0,2%) – e 505 municípios (cerca de 9% do total de municípios do país). A grande dimensão territorial da bacia do rio São Francisco, motivou a sua divisão por regiões, para fins de planejamento e gestão. A divisão se fez de acordo com o sentido do curso do rio e com a variação de altitudes.

O Alto São Francisco tem como referência a nascente do rio, na serra da Canastra, a 1280 metros de altitude. escoando no sentido sul-norte, no trecho seguinte o rio atravessa todo o oeste da Bahia, até o ponto onde se formou o lago represado de Sobradinho, no município de Remanso. Nessa região, a bacia é denominada Médio São Francisco. Depois de Remanso, o rio inflexiona o seu curso para o leste, constituindo-se na divisa natural entre os estados da Bahia e de Pernambuco, até alcançar o limite com Alagoas configurando o chamado Submédio São Francisco. Daí o rio segue na direção leste, formando a segunda divisa natural, dessa vez entre os estados de Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2019).

Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), a bacia hidrográfica do rio São Francisco possui acentuados contrastes socioeconômicos, abrangendo áreas de acentuada riqueza e alta densidade demográfica e áreas de pobreza crítica e população bastante dispersa.

Entre os contrastes está a presença de indústrias e agroindústrias-no Alto, Médio e Submédio, notadamente nas zonas industriais extrativas de Minas e nos polos agroindustriais de grãos e fruticultura localizados no norte e oeste da Bahia e no sul de Pernambuco. No Baixo, a socioeconomia ribeirinha ainda se vincula significativamente à agropecuária e à pesca tradicionais, porém com crescimento expressivo da aquicultura, turismo e lazer (CBHSF, 2019).

As demandas urbanas e industriais, mais expressivas no Alto São Francisco, se relacionam, sobretudo com a siderurgia, mineração, química, têxtil, papel e equipamentos industriais. Uma das áreas onde a poluição é mais crítica é a Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde se registra a presença de esgotos domésticos e industriais.

Com grande diversidade ambiental, a Bacia do São Francisco contempla fragmentos de diferentes biomas: floresta atlântica, cerrado, caatinga, costeiros e insulares. O cerrado cobre, praticamente, metade da área da bacia – de Minas Gerais ao oeste e sul da Bahia, enquanto a caatinga predomina no nordeste baiano. Localizado em parte do território do São Francisco, o polígono das secas é reconhecido pela legislação como sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, com várias zonas geográficas e diferentes índices de aridez. Situa-se majoritariamente na região Nordeste, porém estende-se até o norte de Minas Gerais. (CBHSF, 2019)

O clima na bacia é diversificado sendo que o alto e o médio rio São Francisco possuem clima tropical úmido, o submédio apresenta clima semiárido e o baixo apresenta clima quente e úmido (MEDEIROS et. al., 2012). Segundo Pereira et al 2007, a cabeceira apresenta maior precipitação média anual que diminui no sentido foz até a divisão entre o submédio e baixo rio São Francisco, voltando a aumentar nas proximidades do litoral.

O rio também constitui a base para o suprimento de energia elétrica da região Nordeste do país. Os represamentos construídos nas últimas décadas correspondem atualmente a nove usinas hidrelétricas em operação. O São Francisco representa ainda um extraordinário potencial para o desenvolvimento do transporte hidroviário. Estima-se em 1.670 km a extensão navegável na calha. Destacam-se dois trechos principais: 1.312 km entre Pirapora (MG) e Juazeiro (BA) e 208 km entre Piranhas (AL) e a foz. (CBHSF, 2019).

3.2. Rio São Francisco em Minas Gerais

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM – órgão gestor das águas no estado de Minas Gerais, com o objetivo de orientar as ações relacionadas à aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos, identificou e definiu Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos no Estado (UPGRHs). As unidades de planejamento, que são unidades físico-territoriais, identificadas dentro das bacias hidrográficas do

Estado, apresentam uma identidade regional caracterizada por aspectos físicos, socioculturais, econômicos e políticos. (IGAM, 2019). A parte mineira da bacia hidrográfica do rio São Francisco está dividida em 10 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRHs (Tabela 02).

UPGRH	Denominação	Área (Km ²)	Municípios integrantes	População
SF1	Alto rio São Francisco	14.155,09	Abaeté; Arcos; Bambuí; Bom Despacho; Campos Altos; Capitólio; Córrego Danta; Córrego Fundo; Dores do Indaiá; Doresópolis; Estrela do Indaiá; Formiga; Iguatama; Japaraíba; Lagoa da Prata; Luz; Martinho Campos; Medeiros; Moema; Pains; Pimenta; Piumhi; Pratinha; Quartel Geral; Santo Antônio do Monte; São Roque de Minas; Serra da Saudade; Tapiraí; Vargem Bonita.	260.698
SF2	Rio Pará	12.233,06	Araújos; Bom Despacho; Carmo da Mata; Carmo do Cajuru; Carmópolis de Minas; Cláudio; Conceição do Pará; Desterro de Entre Rios; Divinópolis; Florestal; Igaratinga; Itaguara; Itapecerica; Itatiaiuçu; Itaúna; Leandro Ferreira; Maravilhas; Martinho Campos; Nova Serrana; Oliveira; Onça de Pitangui; Papagaios; Pará de Minas; Passa Tempo; Pedra do Indaiá; Perdigão; Piracema; Pitangui; Pompéu; Resende Costa; Santo Antônio do Monte; São Francisco de Paula; São Gonçalo do Pará; São Sebastião do Oeste	732.755
SF3	Rio Paraopeba	12.054,25	Belo Vale; Betim; Bonfim; Brumadinho; Cachoeira da Prata; Caetanópolis; Casa Grande; Congonhas; Conselheiro Lafaiete; Contagem; Cristiano Ottoni; Crucilândia; Curvelo; Desterro de Entre Rios; Entre Rios de Minas; Esmeraldas; Felixlândia; Florestal; Fortuna de Minas; Ibirité; Igarapé; Inhaúma; Itatiaiuçu; Itaúna; Itaverava; Jeceaba; Juatuba; Lagoa Dourada; Maravilhas; Mario Campos; Mateus Leme; Moeda; Ouro Branco; Ouro Preto; Papagaios; Pará de Minas; Paraopeba; Pequi; Piedade dos Gerais; Pompéu; Queluzito; Resende Costa; Rio Manso; São Brás do Suaçuí; São Joaquim de Bicas; São José da Varginha; Sarzedo; Sete Lagoas.	1.318.885
SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.654,66	Abaeté; Arapuá; Biquinhas; Carmo do Paranaíba; Cedro do Abaeté; Córrego Danta; Estrela do Indaiá; Felixlândia; Lagoa Formosa; Matutina; Morada Nova de Minas; Paineiras; Patos de Minas; Pompéu; Quartel Geral; Rio Paranaíba; Santa Rosa da Serra; São Gonçalo do Abaeté; São Gotardo; Serra da Saudade; Tiros; Três Marias; Varjão de Minas.	178.479
SF5	Rio das Velhas	27.857,05	Araçaí; Augusto de Lima; Baldim; Belo Horizonte; Buenópolis; Caeté; Capim Branco; Conceição do Mato Dentro; Confins; Congonhas do Norte; Contagem; Cordisburgo; Corinto; Curvelo; Datas; Diamantina; Esmeraldas; Funilândia; Gouveia; Inimutaba; Itabirito; Jaboticatubas; Jequitibá; Joaquim Felício; Lagoa Santa; Lassance; Matozinhos; Monjolos; Morro da Garça; Nova Lima; Nova União; Ouro Preto; Paraopeba; Pedro Leopoldo; Pirapora; Presidente Juscelino; Presidente Kubitschek; Prudente de Moraes; Raposos; Ribeirão das Neves; Rio Acima; Sabará; Santa Luzia; Santana de Pirapama; Santana do Riacho; Santo Hipólito; São José da Lapa; Sete	4.403.860

			Lagoas; Taquaraçu de Minas; Várzea da Palma; Vespasiano.	
SF6	Rios Jequitá e Pacuí	25.045,45	Bocaiúva; Brasília de Minas; Buenópolis; Buritizeiro; Campo Azul; Claro dos Poções; Coração de Jesus; Engenheiro Navarro; Francisco Dumont; Ibiaí; Icaraí de Minas; Jequitá; Joaquim Felício; Lagoa dos Patos; Lassance; Luislândia; Mirabela; Montes Claros; Pirapora; Ponto Chique; São Francisco; São Gonçalo do Abaeté; São João da Lagoa; São João do Pacuí; Três Marias; Ubaí; Várzea da Palma.	271.535
SF7	Rio Paracatu	41.371,71	Bonfinópolis de Minas; Brasilândia de Minas; Buritizeiro; Cabeceira Grande; Dom Bosco; Guarda-Mor; João Pinheiro; Lagamar; Lagoa Grande; Natalândia; Paracatu; Patos de Minas; Presidente Olegário; Santa Fé de Minas; Unaí; Vazante.	280.736
SF8	Rio Urucuia	25.032,53	Arinos; Bonfinópolis de Minas; Buritis; Chapada Gaúcha; Formoso; Pintópolis; Riachinho; Santa Fé de Minas; São Romão; Unaí; Uruana de Minas; Urucuia.	94.408
SF9	Rio Pandeiros	31.150,94	Bonito de Minas; Brasília de Minas; Chapada Gaúcha; Cônego de Marinho; Formoso; Ibiracatu; Itacarambi; Jaíba; Januária; Japonvar; Juvenília; Lontra; Luislândia; Manga; Matias Cardoso; Miravânia; Montalvânia; Pedras de Maria da Cruz; Pintópolis; São Francisco; São João da Ponte; São João das Missões; Urucuia; Varzelândia.	284.475
SF10	Afluentes mineiros do rio Verde Grande.	27.003,52	Bocaiúva; Capitão Enéas; Catuti; Espinosa; Francisco Sá; Gameleiras; Glaucilândia; Guaraciama; Ibiracatu; Jaíba; Janaúba; Juramento; Mamonas; Matias Cardoso; Mato Verde; Mirabela; Monte Azul; Montes Claros; Nova Porteira; Pai Pedro; Patís; Porteira; Riacho dos Machados; São João da Ponte; Serranópolis de Minas; Varzelândia; Verdelândia	715.006

Tabela 02: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Fonte: (IGAM)

A Figura 01 apresenta as UPGRHs - em Minas Gerais e a Figura 02 as dez UPGRHs da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais.

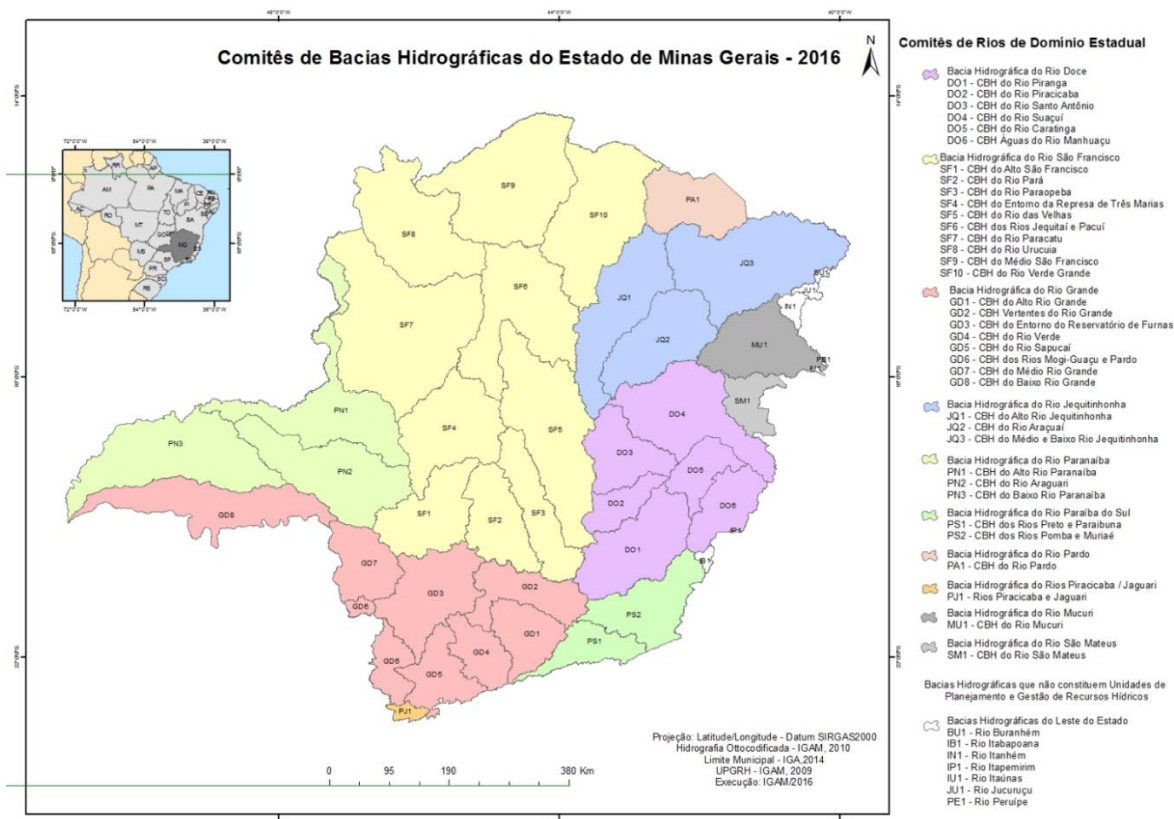


Figura 01: Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais - UPRHs (IGAM, 2018)

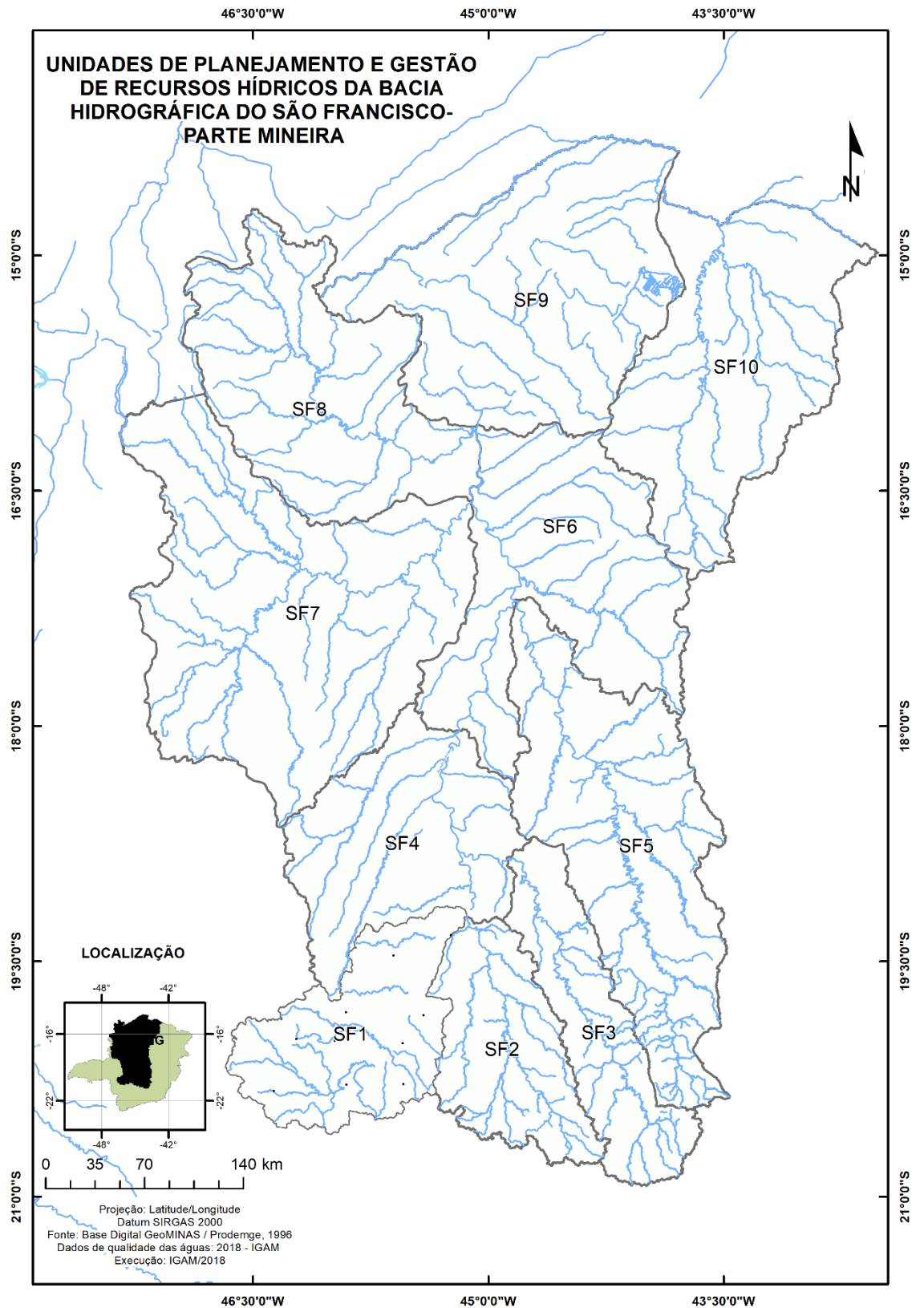


Figura 02: Recorte das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRHs – da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais. Elaborado pelo autor

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A quantificação e espacialização dos serviços da geodiversidade são ainda recentes, embora os índices de geodiversidade já venham sendo aplicados em algumas pesquisas. Por esse motivo, para a modelagem e representação cartográfica dos serviços da geodiversidade por UPGRHs – da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, optou-se por adaptar o método aplicado por Freitas (2006) que elaborou um mapa de potencial de atratividade turística para os municípios que integram a Estrada Real na porção da regional Ouro Preto. Método parecido também foi aplicado por Silva et al (2015) para calcular os índices de geodiversidade na bacia do Rio Xingu (PA e MT). Em ambiente SIG, o método envolveu a contagem de ocorrência dos elementos da geodiversidade (geologia, geomorfologia, paleontologia, pedologia, hidrografia e ocorrências minerais) dentro de um grid gerado pelos autores com quadrículas de aproximadamente 14,0 km².

O uso das UPGRHs como referência para o mapeamento dos serviços da geodiversidade busca considerar o espaço em áreas funcionais de acordo com as características próprias e com a quantidade de serviços da geodiversidade presentes considerando suas quatro grandes categorias: regulação, apoio, provisão e cultural.

Os procedimentos metodológicos dividiram-se em 6 (seis) etapas: seleção e aquisição dos dados; tratamento da base de dados; normalização dos dados; sobreposição (overlay) dos serviços da geodiversidade, análise de Kernel e análise dos serviços em destaque nas UPGRHs, conforme Figura 03.

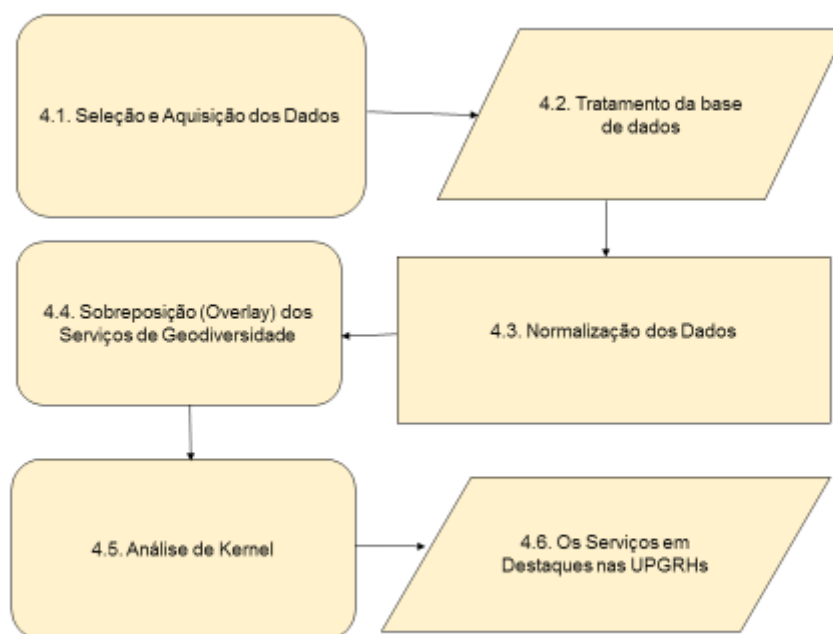


Figura 03: Fluxograma das etapas metodológicas

4.1. Seleção e Aquisição dos Dados

O primeiro passo foi identificar e adquirir os dados que foram utilizados para construir o mapa de serviços da geodiversidade. Foram selecionados os seguintes dados temáticos:

Categoria	Tipo	Tipo Considerado	Dados	Fonte
Regulação	Processos atmosféricos e oceânicos (circulações dinâmicas; química atmosférica; qualidade do ar e regulação do clima; ciclo hidrológico).	Qualidade do ar	Número de estações que indicam boa qualidade do ar	FEAM (2017)
	Regulação da inundação (infiltração, ilhas barreira, diques do rio, dunas de areia, várzeas).	Lagos Naturais e Artificiais	Número de Massas d'água	IBGE (2017)
	Regulação da qualidade da água (solo e rocha como filtros naturais)	Regulação da qualidade da água:	Número de Cursos d'água dentro de cada UPGRH considerada de referência em qualidade de água pela ANA	ANA (2015)
		Regulação da qualidade da água:	Número de Trechos de Cursos d'água de preservação	IGAM (2015)

			permanente dentro das UPGRHs	
Apoio	Processos do solo (intemperismo; desenvolvimento do perfil do solo) e solo como meio de crescimento)	Solo como meio de crescimento	Número de Ocorrências de Vegetação Cultivada Pinus e Eucalipto nas UPGRHs	IBGE (2017)
	Provisão de habitat (habitats, cavernas, calcário pavimentos, falésias, saleiros.	Provisão de habitat	Número de cavernas dentro de cada UPGRH.	CECAV (2019)
			Número de biomas que ocorre dentro de cada UPGRH	IBGE (2019)
	Terra e água como plataforma para atividade humana (terra, ondas, marés).	Terra e água como plataforma para atividade humana	Número de Portos nas UPGRHs	ANTAQ/DNIT/ANEEL (Não consta)
			Número de Balsas nas UPGRHs	IBGE (2017)
	Enterro e armazenamento (humanos e enterro de animais; municipal aterro; resíduos radioativos armazenamento; reservatórios de petróleo e gás, captura e armazenamento de carbono, água armazenada em aquíferos e lagos	Enterro e armazenamento	Número de Aterros Sanitários nas UPGRHs	SEMAD (2019)
			Número de tipos de aquíferos nas UPGRHS	Ministério do Meio Ambiente (2006)
Provisão	Comida e bebida (água doce e água mineral; sal).	Água mineral	Número de Jazidas de extração de água mineral nas UPGRHS	CODEMGE (2018)
		Hidrelétrica Energia (UHE)	Número de UHES nas UPGRHS	ANEEL (Não consta)
		Hidrelétrica Energia (PCH)	Número de PCHS nas UPGRHs	ANEEL (Não Consta)
		Energia Eólica	Número de Usinas Elioelétricas nas UPGRHS	ANEEL (Não Consta)
	Materiais de construção (pedra, tijolo, agregados, aço, cimento, betume, ardósias, vidro	Minerais relacionados à Construção	Número de Jazidas de Minerais relativos à construção UPGRHS	CODEMGE (2018)
	Minerais industriais (fertilizantes, produtos farmacêuticos, metais, ligas)	Minerais Industriais	Número de Jazidas de Minerais relativos a minerais industriais UPGRHS	CODEMGE (2018)
	Produtos ornamentais (pedras preciosas e semipreciosas; metais)	Pedras preciosas e semipreciosas	Número de Jazidas de pedras preciosas nas UPGRHS	CODEMGE (2018)
Qualidade ambiental (local/caráter da	Qualidade Ambiental	Número de Unidades de Conservação nas	SEMAD (2019)	

Culturais	paisagem; terapêutico, paisagens para saúde e bem estar		UPGRHs	
	Geoturismo e lazer (vistas das montanhas, recepção ao ar livre, escalada)	Vistas das montanhas	Número de Serras principais nas UPGRHs	Ministério do Meio Ambiente (2006)
	Cultural, espiritual e histórico (Folclore, senso de lugar, lugares sagrados)	Cultural, Histórico	Número de Comunidades Quilombolas nas UPGRHs	Fundação Palmares/INCRA (Não Consta)
		Cultural, Histórico	Número de Terras Indígenas nas UPGRHs	FUNAI (2019)
		Cultural, Histórico	Número de Sítios Arqueológicos nas UPGRHs	IPHAN (2018)
		Cultural, espiritual e histórico	Número de Folias de Minas nas UPGRHs	IEPHA (Não consta)
	Inspiração artística (geologia em escultura, literatura, música, poesia, pintura)	Inspiração Artística	Número de Bens tombados nas UPGRHs	IEPHA (2019)
		Inspiração Artística	Expressões musicais de Viola nas UPGRHs	IEPHA (Não consta)
	História da pesquisa (no início identificação de discordâncias, fósseis, rochas ígneas)	História da pesquisa	Número de Sítios Geológicos nas UPGRHs	SIGEP (2000, 2002, 2005, 2006,2007,2009)

Tabela 03: Variáveis dos serviços de geodiversidade

4.2.Tratamento da Base de Dados

Todos os dados cartográficos foram reprojatados para o sistema de coordenadas geodésicas - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000). Para cada UPGRHs foi construída uma tabela relacionando o número de ocorrências de cada um dos serviços da geodiversidade.

A etapa seguinte baseou-se na contagem de ocorrência de cada tipo de serviço de geodiversidade por categoria considerando as UPGRHs. A partir da relação numérica das ocorrências, elas foram agrupadas em faixas. O objetivo do agrupamento foi identificar as UPGRHs com maior número de ocorrências de serviços de regulação, as UPGRHs com maior número de serviços de apoio, as UPGRHs com maior número de serviços de provisão, as UPGRHs com maior número de serviços culturais.

4.3. Normalização dos Dados

A normalização dos dados teve por objetivo a padronização das variáveis. Quando uma variável possui um valor muito baixo e outra variável um valor muito alto, as medidas podem interferir nos resultados. Dessa forma, como o número de informações em cada categoria eram de diferentes magnitudes, os dados foram normalizados de acordo com a Equação 1.

$$y_i = \frac{x_i - x_{\text{mínimo}}}{x_{\text{máximo}} - x_{\text{mínimo}}} \quad (1)$$

onde: y_i é o valor normalizado, x_i é o valor original da i -ésima variável, $x_{\text{máximo}}$ e $x_{\text{mínimo}}$ são os valores máximos e mínimos de cada variável, respectivamente. Após a normalização os valores passaram a variar entre 0 e 1 (PATRO & SAHU, 2015).

4.4. Sobreposição (overlay) dos serviços da geodiversidade

Para o cálculo dos serviços da geodiversidade foram usados os arquivos vetoriais contendo o número de ocorrências dos serviços (regulação, apoio, provisão, culturais) por UPGRHs. Para fazer a sobreposição dos mapas foi necessário converter os arquivos em formato vetorial para o formato raster.

No momento da conversão foi necessário realizar a escolha do tamanho das células ou pixels do arquivo de saída. Para todas as feições, foi utilizado o valor de 90 x 90 metros. Com todos os arquivos vetoriais transformados em arquivos matriciais procedeu a reclassificação desses rasters com os dados normalizados. Após a normalização, foi gerado um intervalo dividido em 5 classes partindo de 0 até 1 de acordo com as ocorrências de serviços de geodiversidade nas UPGRHs.

Para a sobreposição dos mapas foi aplicada uma álgebra de mapas simples, com pesos semelhantes para os quatro serviços da geodiversidade:

$$(Regulação) + (Apoio) + (Provisão) + (Culturais)/4$$

O resultado da expressão é um conjunto de notas variando de 0 a 1 que foram agrupadas em classes. Notas abaixo de 0,2 ficaram na classe de potencial Baixo; entre 0,21 e 0,4 Médio Baixo, entre 0,41 e 0,6 potencial Médio, entre 0,61 e 0,8 Médio Alto, e acima de 0,81 potencial Alto. Esse resultado final deu origem ao mapa com Potencial de serviços da geodiversidade.

4.5 Análise Kernel

A aplicação da análise Kernel teve sucesso para o cálculo do índice de geodiversidade conforme apontam os estudos de Forte (2014) e Forte *et al.* (2018). O uso da análise de densidade de pontos (*Kernel*) com aplicação de centroides gerados a partir do *overlay* inicial de variáveis permite, a partir dos pontos, o cálculo da magnitude por unidade de área.

No presente trabalho os temas escolhidos para definição das densidades foram os dados de localização dos serviços de geodiversidade. A área máxima de influência para cada ponto é de 75 km, considerando o tamanho de *pixel* utilizado de 90 metros. O valor de 75 km foi escolhido devido à escala das variáveis e a extensão da área passível de conservação e proteção desses serviços de geodiversidade. Dessa forma foi utilizado o estimador de Kernel para determinar agrupamentos ou influências dos fenômenos representados de forma pontual. Foram elaborados mapas utilizando o estimador para cada grupo de serviços e por último mapa com todos esses serviços.

4.6 Análise dos Serviços em Destaque nas UPGRHs

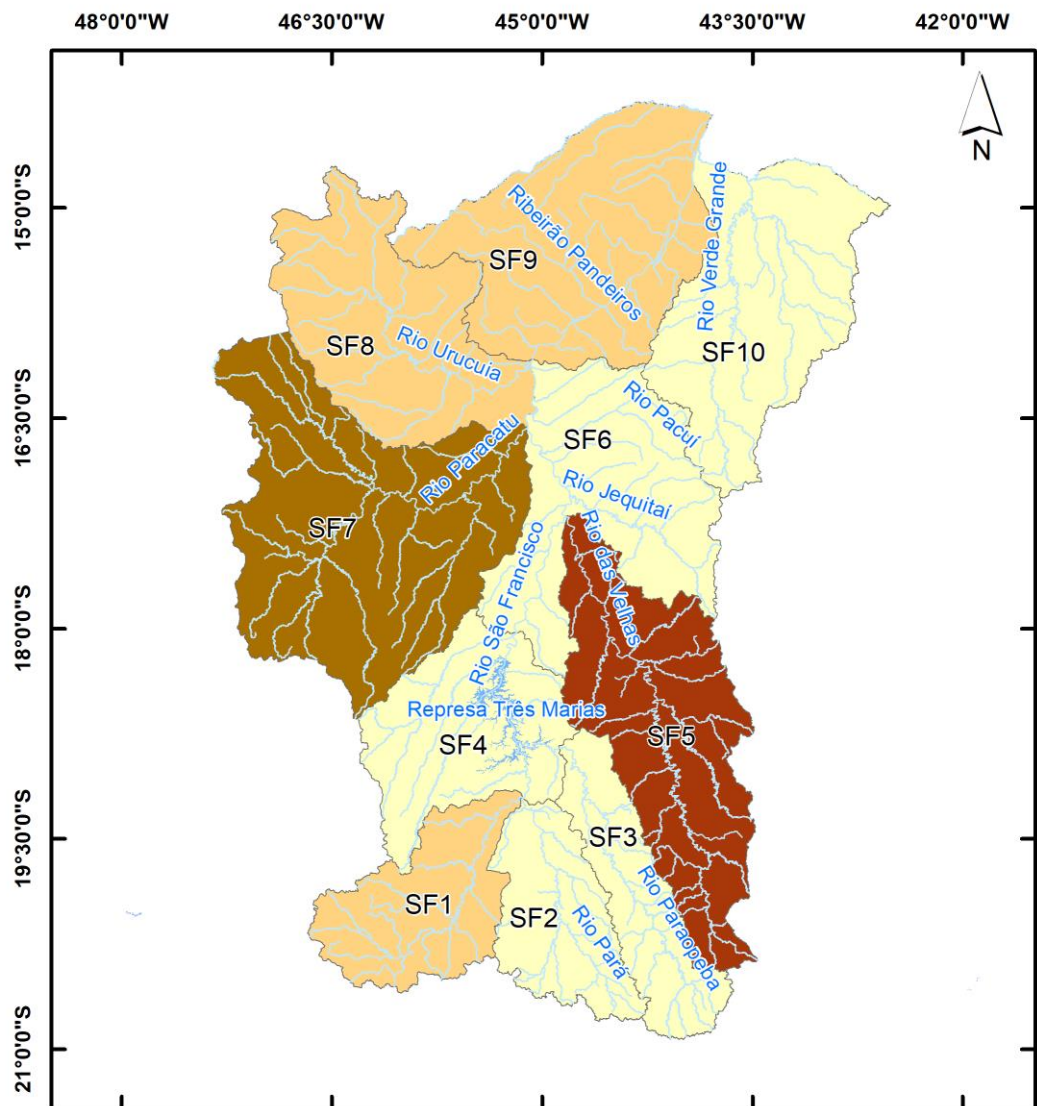
Após a elaboração dos mapas de serviços de geodiversidade foi possível constatar quais as UPGRHs se destacaram nas disponibilidades desses serviços. Assim, o último passo foi exemplificar alguns desses serviços disponíveis nessas unidades em destaque.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

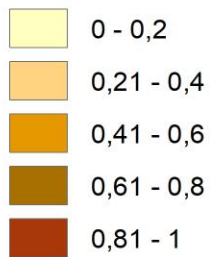
5.1. Os serviços de Regulação nas UPGRHs

Gray (2013) considera quatro tipos de serviços de regulação: (i) processos atmosféricos e oceânicos; (ii) processos terrestres; (iii) regulação da inundação e; (iv) regulação da qualidade da água. Considerando esses tipos de serviços, nesse trabalho foram mapeados: o número de estações de monitoramento que indicavam boa qualidade do ar como representante do primeiro tipo; o número de lagos naturais e artificiais que atuam na amenização de cheias, como representantes do terceiro tipo; o número de cursos d'água considerados de referência em qualidade da água pela Agência Nacional de Águas e o número de rios de preservação permanente instituídos por lei como representante do quarto tipo. O segundo tipo não foi considerado neste trabalho.

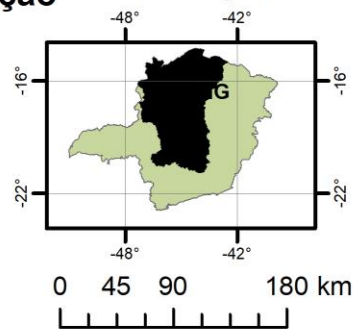
Os serviços de regulação por UPGRH são apresentados na Figura 04.



Serviços de Regulação



LOCALIZAÇÃO



Serviços Abióticos de Regulação nas UPGRHs da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais

Elaboração: Matheus Duarte Santos
 Data de elaboração: Maio de 2020
 Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo

Projeção: Latitude/Longitude
 Datum SIRGAS 2000
 Fonte: UPGRH - IGAM, 2009

Figura 04: Serviços de Regulação nas UPGRHs

Os resultados indicam que a UPGRH SF5 foi a que apresentou valores mais altos de serviços de regulação. Na UPGRH SF5 – Bacia do Rio das Velhas ocorrem muitos trechos de rios classificados como de preservação permanente. São cursos d'água presentes em regiões com aspectos abióticos preservados e que não sofrem tantas pressões antrópicas, mantendo condições consideradas de boa qualidade. Em relação a essa variável destacam-se as condições de preservação do curso d'água em si quando comparados com as condições gerais da bacia como um todo.

No caso da Bacia do Rio das Velhas, a maior parte dos cursos d'água é impactada por diferentes tipos de despejo, principalmente esgotos domésticos. No entanto, a bacia guarda grande número de trechos de rios caracterizados por qualidade ambiental alta como, por exemplo, a bacia hidrográfica do rio Cipó que tem todos os seus trechos instituídos por lei como de preservação permanente e parte de seu leito localizado dentro do Parque Nacional da Serra do Cipó, o que contribui para a manutenção dos parâmetros de boa qualidade de água. A bacia hidrográfica do rio Cipó está inserida nos municípios de Jabuticatubas, Baldim, Santana do Riacho, Santana de Pirapama e Presidente Juscelino.

Outras unidades de planejamento que apresentaram ocorrências de rios de preservação permanente são SF4, SF6 e SF9. As UPGRH SF4 e SF6 contam com a ocorrência de um mesmo trecho que passa pelo limite das duas unidades. Esse trecho é parte do rio São Francisco que se inicia imediatamente a jusante da barragem hidrelétrica de Três Marias e vai até o ponto logo a jusante da cachoeira de Pirapora, passando pelos municípios de Três Marias, Lassance, Várzea da Palma e Buritizeiro. Nesse trecho a qualidade da água do rio é alta.

A UPGRH SF9 conta com os trechos do riacho dos Pandeiros no município de Januária e do rio Peruaçu no trecho que passa pelos municípios de Januária e Cônego Marinho. O trecho do rio Peruaçu está inserido nos limites da unidade de conservação Cavernas do Peruaçu, o que contribui para a manutenção da qualidade da água. Todos estes trechos de cursos d'água foram instituídos como de preservação permanente no ano de 2004 pela lei estadual 15.082 visando a manutenção do equilíbrio e a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e marginais, a proteção de paisagens naturais pouco alteradas, de beleza cênica notável, entre outros.

A UPGRH SF7 também se destacou em relação a disponibilidade de serviços de regulação principalmente pela grande ocorrência de lagos naturais nos municípios de

Paracatu, João Pinheiro e Lagoa Grande. As UPGRHs SF1, SF8 e SF9 também apresentam ocorrências expressivas desse tipo de serviço. Na SF1 destacam-se os municípios de Lagoa da Prata e Luz. Na bacia do rio Urucuia (SF8) o município de Arinos e na SF9 Januária e São Francisco. Esses lagos podem atuar na amenização das cheias nos períodos chuvosos. As UPGRHs com o menor número de ocorrências para essa variável foram a SF3, SF2 e SF4 com 14 (quatorze), 17 (dezesete) e 20 (vinte) lagos naturais respectivamente.

Em relação a variável qualidade do ar analisada no contexto do item processos atmosféricos do grupo de regulação, foi feita a contagem das estações de monitoramento que indicam boa qualidade do ar. Esse monitoramento é realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) para determinar o nível de concentração de um grupo universalmente consagrado de indicadores, selecionados devido a sua maior frequência de ocorrência na atmosfera e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. Para cada uma dessas substâncias, foram definidos padrões de qualidade do ar, que quando ultrapassados podem afetar, a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente em geral.

As UPGRHs SF1, SF2, SF4, SF8, SF9 e SF10 não contam com estações de monitoramento de qualidade do ar, ou seja, o número de ocorrências considerado foi 0 (zero), não por não apresentarem estações que indiquem boa qualidade do ar, mas sim por não contarem com o monitoramento.

A UPGRH SF5 apresentou 7 (sete) ocorrências, sendo dessa forma, a unidade com o maior número de estações que indicam boa qualidade do ar. O número maior de estações na bacia hidrográfica do Rio das Velhas é explicado por ser uma das regiões com maiores polos industriais do estado, além de apresentar um alto contingente populacional.

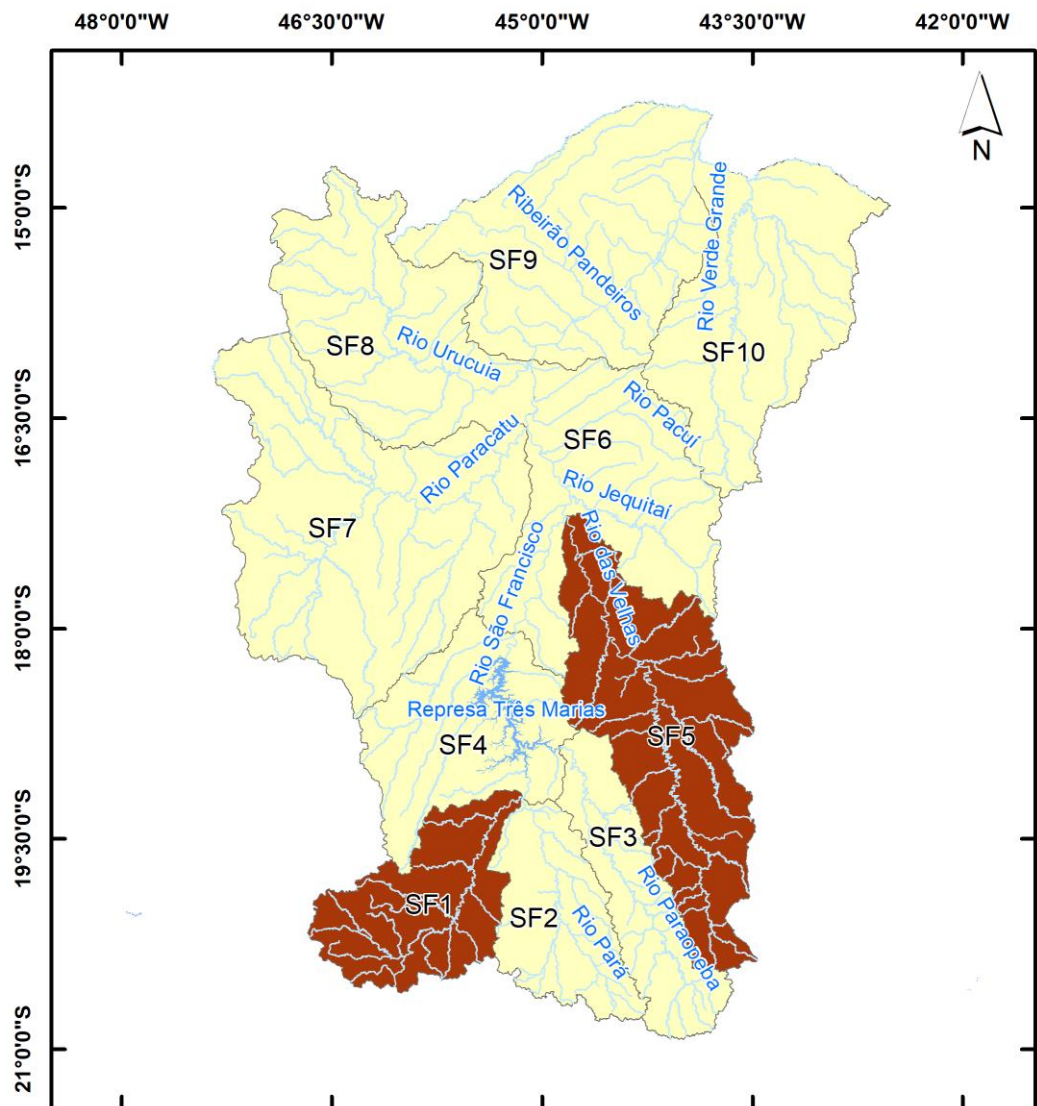
As UPGRHs SF3 e SF7 apresentaram cinco ocorrências cada uma. No caso da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (SF3) o monitoramento ocorre devido ao alto contingente populacional e principalmente pela concentração de indústrias, sobretudo no município de Betim. Já no município de Paracatu localizado na UPGRH SF7, ocorrem atividades intensas de mineração, como por exemplo, a mina de extração de ouro da empresa Kinrros, o que justifica a ocorrência de todas as estações de monitoramento de qualidade do ar desta unidade de planejamento neste município.

Em relação a variável cursos d'água consideradas referência em qualidade de água, as UPGRHs que apresentaram maior ocorrência foram SF2 e a SF5 com 3 (três) ocorrências cada. A UPGRH SF10 apresenta 2 (duas) ocorrências. As unidades SF1, SF6 e SF9 contam com 1 (uma) ocorrência cada. As unidades que não apresentaram ocorrências são SF3, SF4, SF7 e SF8. Esses cursos d'água foram considerados referência em qualidade de água pela Agência Nacional de Águas, na implantação da chamada Rede Nacional de Qualidade de Água (RNQA). Vários Estados brasileiros monitoram a qualidade das águas superficiais em seus territórios e repassam para a Agência Nacional de Águas (ANA). Mas, como cada região usa diferentes critérios e parâmetros, a comparação dos dados, em nível nacional, nem sempre é possível. Para contornar a situação, em 2013, a ANA lançou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água, que conta com uma estratégia de cooperação entre os operadores das redes de monitoramento, padronizando e ampliando o monitoramento em nível nacional. Assim, os Estados continuam sendo os principais responsáveis pelo estabelecimento e operação de redes de qualidade da água, mas os dados gerados ficam mais fáceis de serem interpretados e os custos de implementação e operação são reduzidos.

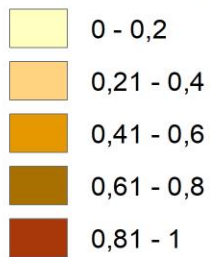
5.2. Os Serviços de Apoio nas UPGRHs

Gray (2013) considera quatro tipos de serviços de apoio: (i) processos do solo; (ii) provisão de habitat; (iii) terra e água como provisão para a atividade humana e; (iv) enterro e armazenamento. Considerando esses tipos de serviços, nesse trabalho foram mapeados: as ocorrências de vegetação cultivada (pinus e eucalipto) como representantes do primeiro tipo; o número de cavernas e de diferentes biomas que ocorrem em cada UPGRH, como representantes do segundo tipo; o número de portos e balsas como representantes do terceiro tipo; o número de aterros sanitários e de diferentes tipos de aquíferos como representantes do quarto tipo.

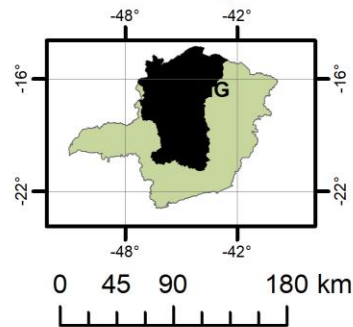
Os serviços de apoio por UPGRH são apresentados na Figura 05.



Serviços de Apoio



LOCALIZAÇÃO



Serviços Abióticos de Apoio nas UPGRHs da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais

Elaboração: Matheus Duarte Santos
 Data de elaboração: Maio de 2020
 Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo

Projeção: Latitude/Longitude
 Datum SIRGAS 2000
 Fonte: UPGRH - IGAM, 2009

Figura 05: Serviços de Apoio nas UPGRHs

Os resultados indicam que os serviços de apoio são mais expressivos nas UPGRHs: SF1 (Alto Rio São Francisco) e SF5 (Rio das Velhas). O alto potencial de serviços de apoio nessas UPGRHs está associado principalmente ao tipo de serviço de provisão de habitat, sob influência do arcabouço geológico que contempla duas das mais importantes áreas cársticas da América do Sul: a região de Arcos-Pains-Doresópolis na SF1 e as regiões do Carste de Lagoa Santa-Sete Lagoas e de Cordisburgo na SF5. Nessas duas importantes regiões cársticas afloram rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Cabe ainda destacar que a SF5 tem parte de seu território no Quadrilátero Ferrífero onde ocorrem cavidades associadas à dolomitos da Formação Gandarela e da Formação Fecho do Funil, além de ocorrências em rochas ferruginosas e quartzíticas. As UPGRHs com menor número de ocorrências de cavidades naturais subterrâneas foram: SF2 com 01 (uma) ocorrência e SF4 com 09 (nove) ocorrências.

Considerando toda a parte mineira da Bacia do Rio São Francisco a vegetação é diversificada ocorrendo distribuída nos biomas da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Em relação ao número de biomas que ocorrem por UPGRH cabe destacar que nenhuma das 10 unidades é contemplada com os três biomas. As UPGRHs SF1, SF2, SF3 e a SF5 contam com a ocorrência de Cerrado e Mata Atlântica em seus limites e as unidades de planejamento SF6, SF9 e SF10 apresentam ocorrência de Caatinga e Cerrado. As UPGRHs SF4, SF7 e SF8 apresentam a ocorrência somente do bioma Cerrado. O Cerrado, portanto, é o bioma presente em todas as unidades de planejamento e é considerado um *hotspot* global de biodiversidade dado a abundância de espécies endêmicas que o caracterizam. Muitas espécies são usadas por comunidades tradicionais seja para consumo como alimento seja como uso medicinal. Exemplo disso são as etnias indígenas, as comunidades quilombolas, os ribeirinhos que consomem mais de dez tipos de frutos comestíveis dentre eles o Pequi (*Caryocar brasiliense*), a Mangaba (*Hancornia speciosa*), a Cagaita (*Eugenia dysenterica*), o Araticum (*Annona crassifolia*), entre outros.

O segundo tipo de serviço de apoio que tem maior influência nos resultados é o enterro e armazenamento. Para esse tipo de serviço foram mapeados a quantidade de aterros sanitários nas UPGRHs e o armazenamento de água em aquíferos. As UPGRHs SF3 e SF5 são as que contam com maior número de aterros sanitários, 5 (cinco) cada uma. Esse número maior de ocorrências na SF3 (Rio Paraopeba) e SF5 (Rio das Velhas)

pode ser justificado pela maior concentração de população em relação às demais UPGRHs, se encontrando, inclusive nessas duas UPGRHs, 33 (trinta e três) dos 34 (trinta e quatro) municípios que integram a Região Metropolitana da capital Belo Horizonte, sendo esta última localizada na SF5.

Ainda em relação a essa tipologia de serviço, os aquíferos foram considerados pelo armazenamento de água subterrânea. Considerando toda a parte mineira da Bacia do Rio São Francisco ocorrem três tipos de aquíferos: fraturado; fraturado cárstico; poroso. A presença dos três tipos de aquífero ocorre nas unidades de planejamento SF4, SF6 e SF9. A UPGRH SF8 tem em seus limites o aquífero poroso. Nas demais UPGRHs ocorrem dois tipos de aquíferos: fraturado e fraturado cárstico (SF1, SF2, SF3, SF5 e SF10) e fraturado cárstico e poroso (SF7).

Os serviços de apoio do tipo processos do solo (ocorrências de vegetação cultivada: pinus e eucalipto) e terra e água como provisão para atividade humana (o número de portos e balsas) tiveram menor número de ocorrências por UPGRHs.

No caso de ocorrência de vegetação cultivada as UPGRHs SF4, SF5, SF6, SF7 e SF10 têm a ocorrência dos dois tipos: pinus e eucalipto. As demais UPGRHs contam apenas com a plantação de eucalipto. As plantações de Pinus no país estão concentradas nas regiões sul e sudeste. Um dos motivos dessa concentração nessas regiões é o clima. Seu cultivo é voltado principalmente para construção de móveis e para a indústria de celulose. Apesar de crescer cada dia mais, o cultivo de pinus é bem menor quando comparado ao cultivo do eucalipto na área de estudo. Mesmo estando presente em metade das UPGRHs, a cultura do pinus se resume em pequenas concentrações. A maior dessas concentrações está localizada no município de Francisco Dumont na unidade de planejamento SF6. O plantio de eucalipto ocorre em todas as unidades de planejamento. O Brasil é líder mundial na produtividade florestal do eucalipto, sendo essa espécie a de maior destaque no cenário florestal nacional, com 5,7 milhões de hectares cultivados em diferentes biomas brasileiros. Minas Gerais possui a maior área plantada do Brasil, com aproximadamente 1,4 milhão de hectares de eucaliptos. O eucalipto é bastante versátil e pode ser usado com múltiplos fins: energia, celulose e papel, laminação, serraria, e outras utilidades pouco conhecidas da sociedade em geral, como medicamentos, cosméticos, tecidos, alimentos entre outros.

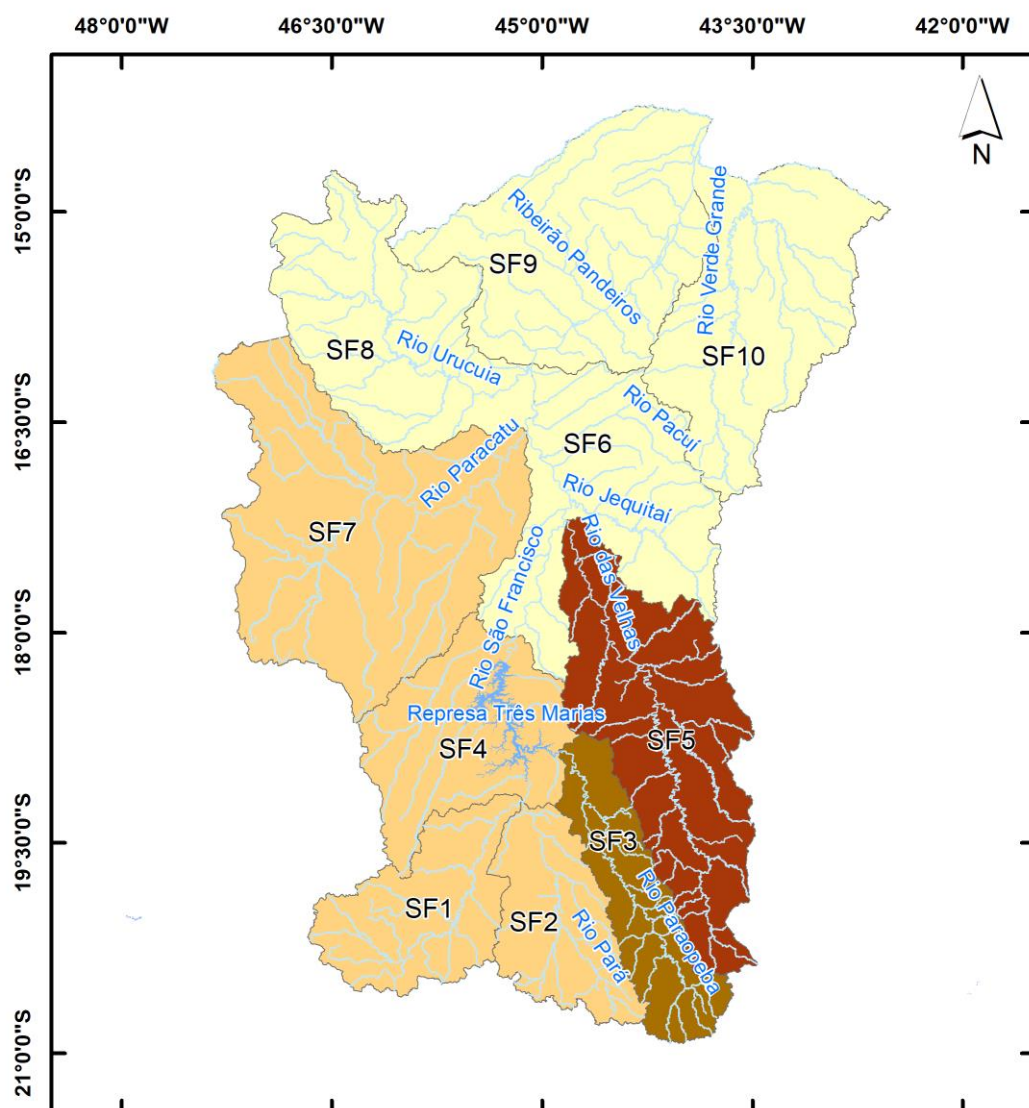
Em relação ao tipo terra e água como plataforma para atividades humanas o maior destaque é a SF6 com 2 (duas) ocorrências. Essas ocorrências se referem a

existência de um porto e uma balsa. O porto se refere ao porto de Pirapora que está localizada na margem direita do rio São Francisco e é administrado pela hidrovia do São Francisco (AHSFRA) ligada a Companhia das Docas do estado da Bahia (CODEBA). A construção do porto iniciada em 1979 teve como objetivo a movimentação de granéis sólidos como a gipsita o que não ocorre mais nos dias de hoje. Já a balsa existente nesta UPGRH faz a ligação através do rio São Francisco do distrito de Cachoeira da Manteiga no município de Buritizeiro até o município de Ponto Chique.

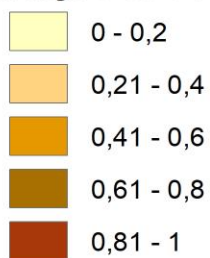
5.3. Os serviços de Provisão nas UPGRHs

Gray (2013) considera sete tipos de serviços de provisão: (i) comida e bebida; (ii) nutrientes e minerais para uma alimentação saudável; (iii) combustível; (iv) materiais de construção; (v) minerais industriais; (vi) produtos ornamentais e (vii) fósseis. Considerando esses tipos de serviços, nesse trabalho foram mapeados: o número de jazidas de água mineral como representantes do primeiro tipo; usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e usinas elioelétricas como representantes do terceiro tipo; o número de jazidas minerais ligados à construção civil como representante do quarto tipo; o número de jazidas de minerais industriais como representante do quinto tipo; o número de jazidas de pedras preciosas e semipreciosas como representantes do sexto tipo. O segundo e sétimo tipos não foram considerados neste trabalho.

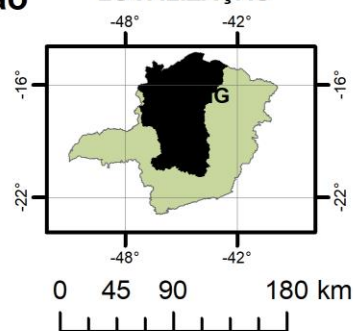
Os serviços de provisão por UPGRH são apresentados na Figura 06.



Serviços de Provisão



LOCALIZAÇÃO



Serviços Abióticos de Provisão nas UPGRHs da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais

Elaboração: Matheus Duarte Santos
 Data de elaboração: Maio de 2020
 Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo

Projeção: Latitude/Longitude
 Datum SIRGAS 2000
 Fonte: UPGRH - IGAM, 2009

Figura 06: Serviços de Provisão nas UPGRHs

Os resultados indicam que os serviços de provisão são mais expressivos nas bacias do Rio das Velhas e Paraopeba, respectivamente as UPGRHs SF3 e SF5. Esse

alto número de ocorrências nas UPGRHs SF3 e SF5 se deve ao fato da existência de inúmeras jazidas de minerais voltadas a construção civil e também de minerais industriais. Em relação aos materiais de construção foi realizada a contagem das jazidas de: areia, argila, granito, gnaiss, mármore, calcário e cascalho. Já os minerais industriais contabilizados foram: cromo, ouro, ferro, filito, manganês e grafiato.

Na bacia hidrográfica do Rio das Velhas (SF5), os municípios de Nova Lima e Itabirito localizados na parte alta da bacia, se destacam pelo número de ocorrências de mineração de minerais da construção civil e sobretudo na mineração de minerais industriais. Destaca-se que esta região está inserida no Quadrilátero Ferrífero, o que explica a vocação para mineração. Já no médio curso do rio das Velhas, ocorre de maneira expressiva nos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos, extração de minerais para a construção civil. A região conhecida pelas grandes ocorrências de rochas sedimentares, principalmente o calcário, abriga fábricas de cimento como a Holcim, e a Cauê, além de empresas que atuam no fornecimento de brita e cal para a construção civil.

O item produtos ornamentais foi contabilizado pela da contagem de jazidas de pedras preciosas e semipreciosas nas UPGRHs. Foi feita a contagem de ocorrências de diamante e topázio imperial, mas a representatividade desse item se deve, sobretudo ao diamante.

As UPGRHs SF2, SF3 não apresentaram ocorrências. A UPGRH SF4 com 25 (vinte e cinco) ocorrências foi a unidade com maior número. O município de Tiros localizado nesta unidade de planejamento apresenta um grande número de ocorrências de diamante. O município já foi inclusive chamado de capital do Diamante. Os depósitos de diamantes foram agrupados no estado de Minas Gerais em quatro grandes províncias diamantíferas: Província Serra da Canastra, Província Alto Paranaíba, Província Oeste São Francisco e Província Serra do Espinhaço. A região de Tiros está inserida na Província Diamantífera Oeste São Francisco. As expressivas ocorrências desse mineral na região, ensejou inclusive, diversos estudos a respeito do tema. Nos limites desse município os diamantes encontrados nos aluviões do Rio Borrachudo, na localidade de Canastrão, apresentam excelente qualidade, com grau de pureza elevado e um padrão de cores de alto valor comercial.

As UPRHs SF5 e SF6 também apresentam quantidades expressivas de ocorrências de diamantes, 19 (dezenove) cada uma. Na SF5 destaque para o município

de Diamantina, que leva esse nome justamente por sua fundação estar ligada a exploração do diamante. O município está inserido na Província Serra do Espinhaço. Também localizado na Província Serra do Espinhaço a região dos municípios de Jequitái e Francisco Dumont na UPGRH SF6 apresentam ocorrências expressivas de diamantes.

A ocorrência de jazidas de água mineral foi analisada nas UPGRHs e seis dessas unidades não apresentaram ocorrências: SF1, SF6, SF7, SF8, SF9 e SF10. No Brasil, a água mineral é considerada um recurso mineral e é definida como água de origem subterrânea. É uma água caracterizada por um conteúdo definido e constante de determinados sais minerais. O aproveitamento dessas águas depende de concessão da União e sua pesquisa e lavra são outorgadas pela Agência Nacional de Mineração e pelo Ministério de Minas e Energias respectivamente. Destaca-se no número de ocorrência a bacia hidrográfica do rio Paraopeba (SF3) que apresenta 5 (cinco) jazidas em seu território. Pode-se exemplificar com o município de Brumadinho, localizado nesta UPGRH e que apresenta em seus limites o Parque das Águas, Serra da Conquista, onde ocorre a extração da água mineral Ingá.

No item combustível foram feitas as contagens das usinas hidrelétricas, das pequenas centrais hidrelétricas e das usinas elioelétricas.

As variáveis usinas hidrelétricas (UHEs) e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) só não apresentaram ocorrência na SF10. Em relação às UHEs, a UPGRH SF4 apresenta o maior número de ocorrências com 5 (cinco). As Usinas Hidrelétricas de Grande Porte (UHE), com capacidade instalada de mais de 30 MW, são caracterizadas por possuírem grandes reservatórios, característica que lhes possibilitam operar por algum tempo em período de estiagem. A represa de Três Marias se destaca na unidade de planejamento SF4, compreendendo o território dos municípios de São Gonçalo do Abaeté, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Pompéu, Martinho Campos, Abaeté e Três Marias. Inaugurada em 1962, a barragem tem aproximadamente 2700 metros de comprimento e forma um reservatório de 21 bilhões de metros cúbicos. É considerada de grande importância nacional, administrada pela CEMIG, a energia gerada por ela é entregue ao sistema interligado nacional, sendo que sua operação é coordenada pelo operador nacional do sistema.

Já as ocorrências de PCHs também contribuíram para que a UPGRH SF5 tenha destaque no mapa de serviços de provisão, pois foi a unidade de planejamento com o

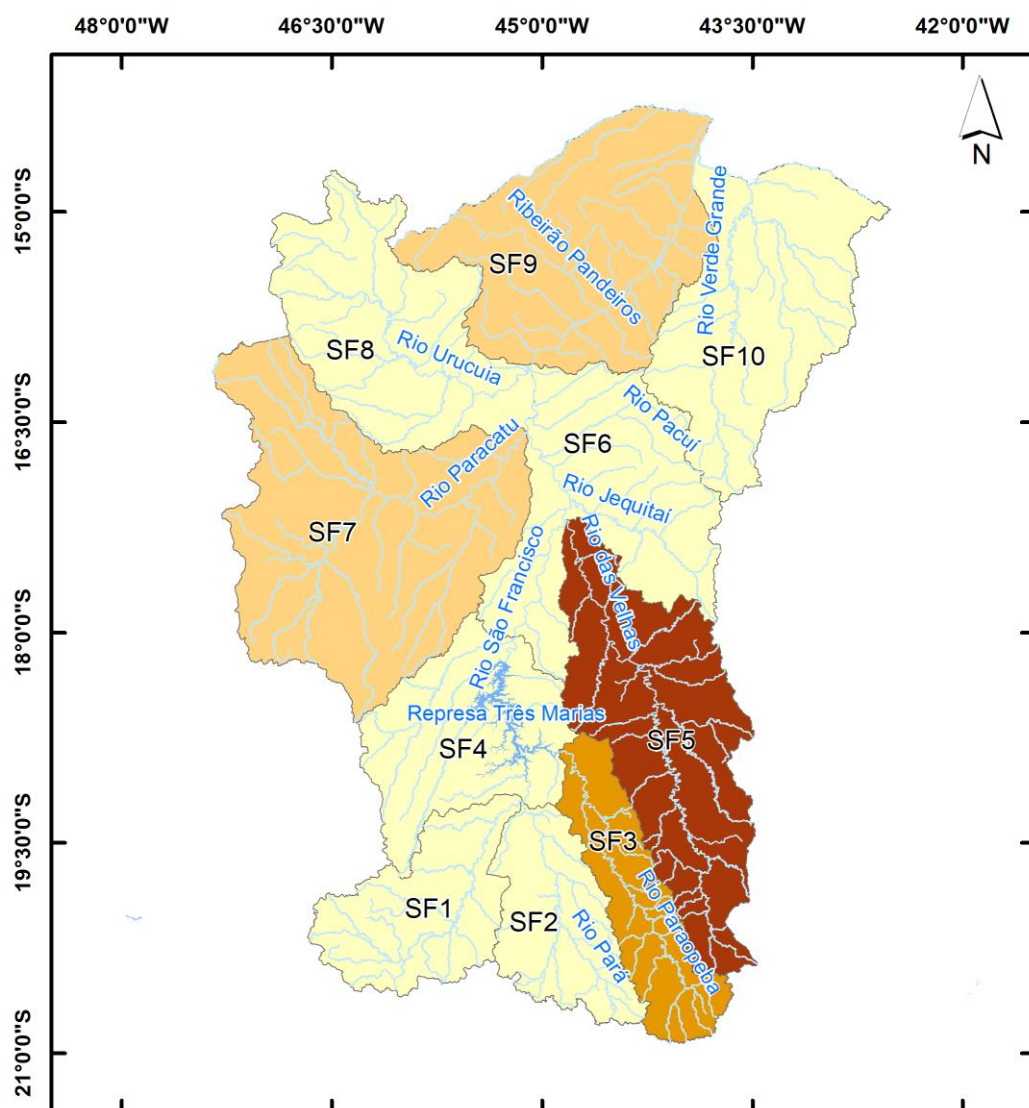
maior número de ocorrências. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) as pequenas centrais hidrelétricas são usinas com reservatórios de até três quilômetros quadrados e com potência instalada entre 1 e 30 MW. Sobre a capacidade instalada no Brasil, segundo informações da ANEEL, existem atualmente 463 pequenas centrais hidrelétricas em todo o Brasil, somando uma potência instalada de 4.658.669 kW. O município de Nova Lima se destaca na bacia com ocorrências de PCHs existentes principalmente devido as atividades de mineração. A empresa AngloGold Ashanti através de PCHs localizadas na região de rio de Peixe em Nova Lima, gera 16% do consumo de energia de suas unidades instaladas em Minas Gerais

Em relação às usinas Eolielétricas, apesar de ser a fonte de energia renovável que mais se expande em todo o mundo, apresentou ocorrências apenas nas UPGRHs SF10 com 4 (quatro) ocorrências e na SF5 com 2 (duas) ocorrências. As ocorrências na SF10 se concentraram no município de Francisco Sá e a empresa responsável pela geração de energia eólica é a Elawan Desenvolvidos Brasil S.A. Já na SF5 as duas usinas estão localizadas em Gouveia e são operadas pela empresa Pec Energia S. A.

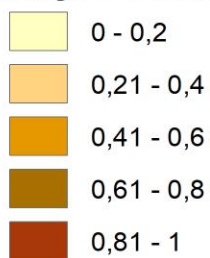
5.4. Os serviços Culturais nas UPGRHs

Gray (2013) considera dez tipos de serviços culturais: (i) qualidade ambiental; (ii) geoturismo e lazer; (iii) cultural, espiritual e histórico; (iv) inspiração artística; (v) desenvolvimento social; (vi) história da terra; (vii) história da pesquisa; (viii) monitoramento ambiental e previsão; (ix) geoparques; (x) educação e emprego. Considerando esses tipos de serviços, nesse trabalho foram mapeados: o número de ocorrências de unidades de conservação como representantes do primeiro tipo; a contagem de serras nas UPGRHs como representantes do segundo tipo; o número de comunidades quilombolas, terras indígenas, sítios arqueológicos e das folias de minas como representante do terceiro tipo; o número de bens tombados e expressões musicais de viola como representantes do quarto tipo; o número de sítios geológicos nas UPGRHs como representantes do sétimo tipo. Os tipos cinco, seis, oito, nove e dez não foram considerados neste trabalho.

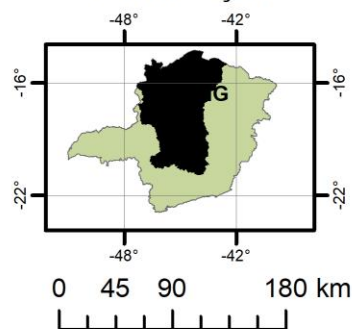
Os serviços culturais por UPGRH são apresentados na Figura 07.



Serviços Culturais



LOCALIZAÇÃO



Serviços Abióticos Culturais nas
UPGRHs da Bacia Hidrográfica do
Rio São Francisco em Minas Gerais

Elaboração: Matheus Duarte Santos
Data de elaboração: Maio de 2020
Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo

Projeção: Latitude/Longitude
Datum SIRGAS 2000
Fonte: UPGRH - IGAM, 2009

Figura 07: Serviços Culturais nas UPGRHs

Os resultados indicam que os serviços culturais são mais expressivos na UPGRH SF5. Isto pode ser explicado principalmente pela grande ocorrência da variável “sítios arqueológicos”, na bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Muitos municípios da bacia hidrográfica do Rio das Velhas se destacam em ocorrências de sítios arqueológicos. No alto Velhas na região de Itabirito, está localizada a Estação Ecológica de Arêdes, criada justamente em função da presença de expressivos sítios arqueológicos entre outros objetivos. No médio Velhas, os municípios de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo se destacam. Pode-se citar entre vários exemplos o sítio arqueológico localizado no município de Lagoa Santa onde foi encontrado o mais antigo fóssil humano das Américas. Denominado de Luzia, o fóssil foi encontrado na década de 1970 e data de 12500 a 13000 anos. Já no baixo Velhas, Diamantina que tem parte de seu território na bacia hidrográfica do rio das Velhas e parte na bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, apresenta grande número de sítios arqueológicos que atraem inúmeros pesquisadores. Entre tantos exemplos pode-se citar a serra do Pasmarr, que além de pesquisadores atraem turistas em busca dos atrativos naturais presentes no local, como trilhas e cachoeiras. A UPGRH SF3 também conta com muitas ocorrências de sítios arqueológicos. Estas ocorrências estão concentradas no alto Paraopeba entre os municípios de Brumadinho, Moeda, Belo Vale e Congonhas. Em Brumadinho está localizado o Forte do Brumadinho, também conhecida como Casa de Pedra ou Forte de Piedade, foi construído pela coroa portuguesa por volta de 1750 e para pesquisadores esse sítio ajuda a contar a história do ciclo do ouro em Minas Gerais. As UPGRHs SF8 e SF10 apresentaram o menor número de ocorrências de sítios arqueológicos, 2 (duas) e 6 (seis) respectivamente.

Bens tombados também aparecem com grandes ocorrências na bacia hidrográfica do rio das Velhas. Essa UPGRH é responsável por 75 (setenta e cinco) das 93 (noventa e três) ocorrências dessa variável na área de estudo. Bens tombados são bens que tiveram o seu valor histórico, cultural e artístico reconhecido por órgão competente. Vários são os exemplos dessa variável na UPGRH SF5. Exemplo disso é o pico do Itabirito que foi tombado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico como patrimônio natural em 1989. O município que mais se destaca em ocorrências de bens tombados é a capital Belo Horizonte, principalmente na região centro sul. Isso pode ser explicado pela região da cidade abrigar as mais antigas construções, obras e prédios da cidade, já que na criação do município de Belo

Horizonte, as grandes obras como prédios de órgãos públicos entre outras eram todas voltadas para essa região. A UPGRH SF3 conta com 13 (treze) ocorrências dessa variável. Outras unidades onde ocorrem a existência de bens tombados são a SF2 com 1 (uma) ocorrência e a SF6 e SF9 com 2 (duas) ocorrências cada.

Em relação ao número de ocorrências de unidades de conservação, a UPGRH que apresenta o maior número foi SF5 com oitenta e oito ocorrências, seguida pela SF3 com trinta e sete ocorrências. As maiores ocorrências na bacia hidrográfica do rio das Velhas e na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, sobretudo na região metropolitana de Belo Horizonte é explicada por ser uma região com contingente populacional grande, com a existência de polos industriais, o que acarreta a necessidade de criação de áreas de proteção integral e de uso sustentável. As UPGRHs com menor número de unidades de conservação foram SF4 e SF6 com 4 (quatro) ocorrências cada.

No item geoturismo e lazer levou-se em consideração a existência de serras principais nas UPGRHs, que se caracterizam por um conjunto de montanhas e terrenos acidentados. A SF5 apresentou duas ocorrências, serra do Rola Moça e a Serra do Cipó, seguida pelas unidades SF1 que apresenta a serra da Canastra em seus limites e a SF9 com a serra das Araras.

Outro tipo de serviço considerado foi denominado “cultural, espiritual e histórico” onde foram contabilizados: as comunidades quilombolas, as terras indígenas e a ocorrência de folias nas UPGRHs.

As UPGRHs que apresentam ocorrências de comunidades quilombolas foram SF7 e SF10 com três ocorrências, SF5 com duas ocorrências e a SF9 com uma ocorrência. As demais unidades não contam com comunidades quilombolas em seus limites. No município de Paracatu na unidade de planejamento SF7, estão às comunidades quilombolas de São Domingos, Amaros e Machadinho. Na SF10 estão localizadas as comunidades de Gurutuba, Brejo de Crioulos e Sete Ladeiras. As comunidades Mangueiras e Luizes têm seu território no município de Belo Horizonte na SF5. Por fim, na SF9 está localizada a comunidade da Lapinha.

Já a variável “terras indígenas”, ocorre apenas nas UPGRHs SF2, com uma ocorrência, e na UPGRH SF9 com seis ocorrências. Enquanto na primeira está localizada a tribo Caxixó, na SF9 estão localizadas seis tribos da mesma etnia, xacriabá.

As folias de minas são práticas culturais antigas e difundidas no estado de Minas Gerais e fazem parte das celebrações religiosas no Brasil. Pela sua importância cultural,

as folias de minas foram tombadas como patrimônio cultural imaterial do estado de Minas Gerais. As folias ocorrem em todas as UPGRHs, sendo que a SF5 apresenta o maior número com 105 (cento e cinco) ocorrências. A UPGRH SF8 apresenta o menor número com (quatro ocorrências).

Outro item relativo à inspiração artística, além da variável bens tombados, são as expressões musicais de viola – contabilizadas pela existência de violeiros nas UPGRHs. Destaca-se que essas expressões musicais estão intimamente ligadas ao aspecto da geodiversidade à medida que existe nessas expressões musicais um grande apelo ligado a terra. Em Minas Gerais, da viola se origina uma musicalidade que é vista como parte integrante da paisagem sonora mineira e que gera uma multiplicidade de ritmos e de toques presentes em diversos contexto da cultura mineira, especialmente nas folias, rodas de viola, congados, batuques entre outras. Expressões musicais de viola ocorrem em todas as UPGRHs, sendo a SF5 com o maior número com 109 (cento e nove) ocorrências, seguida pela SF3 com 94 (noventa e quatro) ocorrências. As unidades que apresentaram menor número de ocorrências dessa variável foram a SF8 e SF9 com 7 (sete) e 11 (onze) ocorrências.

No item história da pesquisa foram considerados os sítios geológicos existentes nas UPGRHs e descritos pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). Sítios geológicos são lugares de interesse particular sobre o ponto de vista científico e didático. As UPGRHs SF2, SF4 e SF8 não apresentaram ocorrências. A UPGRH SF5 conta com 4 (quatro) ocorrências dessa variável. A SF7 conta com 3 (três) ocorrências. As demais unidades apresentaram 1 (uma) ocorrência cada.

Na unidade de planejamento SF1 está localizado o sítio geológico denominado Cachoeira da Casca D'Anta. A Cachoeira da Casca d'Anta está situada na Serra da Canastra no sudoeste de Minas Gerais. Ela pode ser acessada de Belo Horizonte pela rodovia MG-050 passando por Divinópolis e Formiga. Na altura de Piumhi, toma-se a rodovia MG-341 até a cidade de Vargem Bonita. Tal percurso, com 330 km, é feito por estradas asfaltadas. A partir dessa cidade, o caminho à cachoeira é feito por estrada municipal de terra em direção a São José do Barreiro, pertencente ao município de São Roque de Minas, e por fim até uma das entradas do Parque Nacional da Serra da Canastra (24 km), de onde se alcança por trilha a parte baixa da cachoeira. A parte alta, é acessada de carro após longo percurso passando por São Roque de Minas (mais 15 km

desde Vargem Bonita), e a partir daí, rumo a Desemboque percorre-se uma distância de cerca de 35 km em terrenos do parque, sempre em estradas de terra. O sítio Cachoeira da Casca d'Anta, no Rio São Francisco, integra-se à borda da Serra da Canastra, e constitui um cenário de beleza paisagística intensa, com vegetação de transição entre a porção interna remanescente da mata atlântica e o início do cerrado.

Na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (SF3) localiza-se o sítio denominado Inhaúma. Está localizado a aproximadamente 50 km a noroeste de Belo Horizonte e 14 km a oeste-noroeste de Sete Lagoas. Do posto da Polícia Rodoviária Federal, na entrada de Sete Lagoas, segue-se em direção a Brasília na BR-040 por 4,5 km, até a placa indicando Inhaúma. Percorre-se essa estrada asfaltada por 4,4 km em direção oeste até a placa Faz. Riacho do Campo, Braúnas. Segue-se então por mais 2,2 km em estrada não pavimentada, na direção noroeste. Calcários da Formação Sete Lagoas foram extraídos na pedreira Samba em Inhaúma, ao norte de Belo Horizonte. Os cortes verticais resultantes da extração dos blocos possuem até 5 m de altura, permitindo uma visualização perfeita da exposição.

Na UPGRH SF5 está localizado o sítio geológico Carste de Lagoa Santa. O carste de Lagoa Santa é uma região a cerca de 30 km ao norte de Belo Horizonte identificada pela ocorrência de um denso conjunto de feições geomorfológicas tipicamente dissolutivas e por uma hidrografia que pode ser caracterizada como mista de componentes fluviais (subaéreos) e cársticos (subterrâneos). Estão envolvidos os municípios de Vespasiano, Pedro Leopoldo, Confins, Lagoa Santa, Matozinhos, Funilândia e Prudente de Moraes.

Outro sítio geológico localizado na bacia hidrográfica do rio das Velhas é o sítio Conglomerado Diamantífero Sopa, região de Diamantina. Os conglomerados do tipo Sopa afloram na Serra do Espinhaço Meridional, no âmbito do Distrito de Diamantina, abrangendo uma ampla área com cerca de 5000 km² nos municípios de Diamantina, Datas, Gouveia, Presidente Kubitschek, Conceição do Mato Dentro e Serro.

Ainda na SF5 destaca-se o sítio geológico Pico de Itabira. Situado no município de Itabirito - MG, o acesso ao Pico de Itabira pode ser feito através da BR 040 – saindo de Belo Horizonte em direção ao Rio de Janeiro – utilizando o ramal BR 356 (Rodovia dos Inconfidentes). O Pico de Itabira localiza-se 5,5 Km ao sul da rodovia (do lado direito no sentido Belo Horizonte – Itabirito). Pico de Itabira encontra-se na Serra das Serrinhas, também denominada em alguns mapas como Serra dos Trovões ou Serra de

Itabirito, e apresenta-se como um monumento geológico e símbolo da riqueza mineral da região. Encontra-se no Quadrilátero Ferrífero, importante distrito mineral brasileiro, na porção Centro-Sul do Estado de Minas Gerais, geologicamente localizado no limite meridional do Cráton do São Francisco.

O sítio Serra da Piedade também localizado na SF5, caracteriza-se pela sua história estreitamente ligada à história do bandeirismo no Brasil e à conseqüente ocupação do território mineiro, sendo um dos mais significativos referenciais paisagísticos, junto com o Pico de Itabira, o do Itacolomi e outros, utilizados pelos primeiros bandeirantes que vagaram pela região a procura do lendário Sabarabuçu. O maciço da Serra da Piedade está localizado na divisa dos municípios de Sabará e Caeté, MG, cerca de 50 km a nordeste de Belo Horizonte, formando a extremidade oriental da Serra do Curral, na borda norte do Quadrilátero Ferrífero. O acesso ao pico pode ser feito a partir de Belo Horizonte pela BR 262 até o trevo de Caeté, de onde se segue por uma estrada asfaltada com aproximadamente 6 km de extensão que sobe a serra.

Na UPGRH SF6 destaca-se o sítio geológico Serra da Água Fria e Vizinhanças. A serra da Água Fria situa-se na região central do estado de Minas Gerais. A glaciação neoproterozóica que afetou extensa porção do centro-leste do Brasil tem na serra, e em áreas vizinhas, os seus registros melhor preservados.

Na UPGRH SF7 destaca-se o sítio geológico Conophyton de Cabeludo. Grupo Vazante. O Sítio de Cabeludo localiza-se a cerca de 1 km da Vila de Cabeludo, a qual pertence ao município de Vazante, que se situa na porção noroeste do Estado de Minas Gerais. O acesso pode ser feito a partir da cidade de Vazante em direção a Vazamor situado ao norte ou a partir da cidade de Paracatu em direção ao sul, por estradas de terra trafegáveis em qualquer período do ano. Na área de Cabeludo, o sítio paleontológico ocorre associado aos dolomitos do Grupo Vazante, os quais encontram-se subhorizontalizados e envolvidos por dois conjuntos de ardósias intensamente microdobradas: a Formação Serra do Garrote a leste e a Formação Serra da Lapa a oeste.

Outro sítio geológico nos limites da SF7 é o sítio denominado Estromatólitos Colunares no Sumidouro do Córrego Carrapato, Lagamar. O acesso a esse sítio é feito através da rodovia Brasília-Belo Horizonte (BR-040). Em Paracatu, seguir para Guarda-Mor e depois Vazante antes de chegar em Lagamar. As formações estromatolíticas ocorrem alguns quilômetros a oeste desta cidade. As melhores exposições aparecem

perto das fazendas Silva, Onório, Cacheta, Faria e Oliveira, além do local denominado Sumidouro, onde o Córrego Carrapato desaparece no interior dos dolomitos.

Ainda na SF7 ocorre o sítio Pavimentos Estriados do Grupo Santa Fé – Neopaleozóico da Bacia Sanfranciscana. Os afloramentos estão situados a 5 quilômetros a oeste da cidade de Santa Fé de Minas (no noroeste de Minas Gerais, vale do Rio Paracatu). O acesso às exposições é feito através da estrada de terra que liga Santa Fé de Minas a Bonfinópolis de Minas. Trata-se de uma sequência de pequenos afloramentos, o maior deles com cerca de 40 metros quadrados.

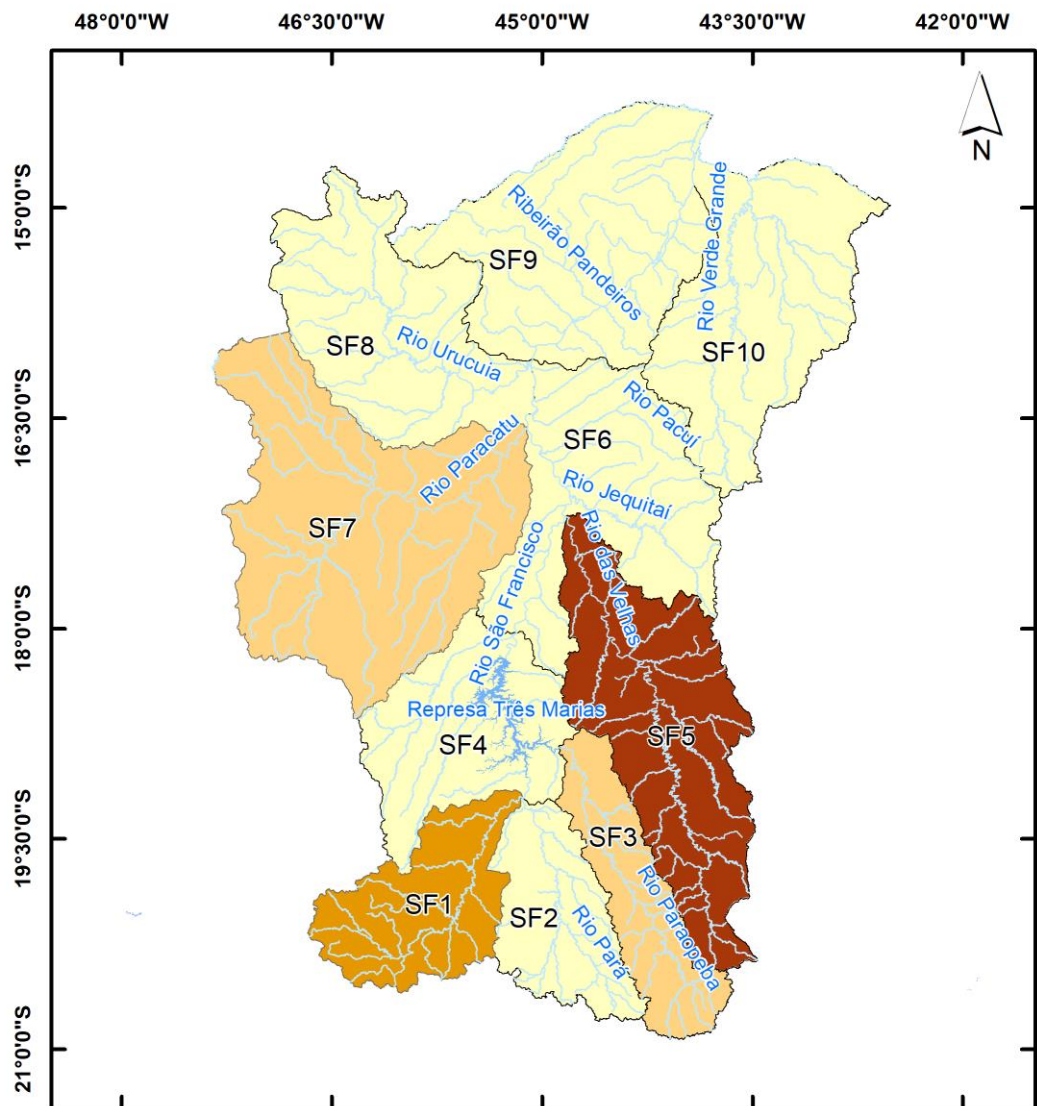
Na unidade de planejamento SF9 encontra-se o sítio geológico Cavernas do Vale do Rio Peruaçu. O vale do rio Peruaçu apresenta-se como um tributário da margem esquerda do alto-médio curso do rio São Francisco, localizado no norte do Estado de Minas Gerais. O acesso à região, partindo de Belo Horizonte, é feito pela BR 040 e, em seguida, pela BR 135 até o povoado de Fabião, na divisa dos municípios de Januária e Itacarambi. O referido trajeto totaliza 650 km de distância. No Fabião encontra-se instalada a sede do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA, responsável pela Área de Proteção Ambiental e pelo Parque Nacional Cavernas do Peruaçu. O conjunto de cavernas do vale do rio Peruaçu reúne um feixe de atributos que o coloca como um dos mais importantes sítios espeleológicos e geomorfológicos do Brasil.

Na unidade de planejamento SF10 está localizado o sítio chamado de Canyon do Talhado na cidade de Porteirinha. A cidade de Porteirinha está localizada a cerca de 595 km de Belo Horizonte, no extremo norte de Minas Gerais. O acesso à mesma se faz desde a capital mineira inteiramente por asfalto, inicialmente pela Rodovia BR-040 (Rio-Brasília) até o entroncamento de São José da Lagoa, depois de Paraopeba, quando se toma a BR-135 passando por Curvelo, Buenópolis e Bocaiúva, até alcançar Montes Claros. Daí, toma-se a BR-251 em pequeno trecho (32 km) e depois a MG-122 (à esquerda) passando por Janaúba até se alcançar Porteirinha. A Serra do Espinhaço no extremo norte de Minas Gerais em geral ainda é pouco conhecida em termos geológicos. Os primeiros estudos específicos sobre a região são devidos a Schobbenhaus (1971, 1972), que levantou longo trecho da serra entre Porteirinha e Monte Azul, já na divisa com a Bahia. No final da década de 1970, o Projeto Porteirinha - Monte Azul, do convênio DNPM/CPRM, mapeou em escala de semi-detalle a mesma região, entretanto tinha como alvo principal a borda oeste da serra e seus recursos. Na

década de 1990, o Projeto Espinhaço (COMIG/UFMG) teve por fim levantar e integrar os dados de toda a serra homônima em Minas Gerais na escala de 1:100.000.

5.5. Os serviços de Geodiversidade nas UPGRHs

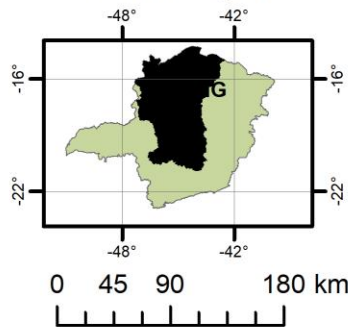
Após a elaboração dos mapas das classes de cada serviço de geodiversidade foi gerado o mapa final com os serviços de geodiversidade nas UPGRHs da bacia hidrográfica do rio São Francisco em Minas Gerais (figura 8).



Serviços de Geodiversidade

- BAIXO
- MÉDIO BAIXO
- MÉDIO
- MÉDIO ALTO
- ALTO

LOCALIZAÇÃO



Serviços Abióticos nas
UPGRHs da Bacia Hidrográfica do
Rio São Francisco em Minas Gerais

Elaboração: Matheus Duarte Santos
Data de elaboração: Maio de 2020
Orientadora: Úrsula Ruchkys de Azevedo

Projeção: Latitude/Longitude
Datum SIRGAS 2000
Fonte: UPGRH - IGAM, 2009

Figura 08: Mapa de Serviços de Geodiversidade

Os resultados indicam que a UPGRH SF5 (Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas) possui alta presença de serviços de geodiversidade, uma vez que em todas as classes de serviços apresentaram valores superiores a 0,81. A UPGRH SF1 apresentou a classe médio em virtude de apresentar ocorrências consideráveis de serviços de apoio em especial pelo considerável número de ocorrência de cavernas, mas em outros serviços já não apresenta a mesma disponibilidade no número de ocorrências. A UPGRH SF3 foi classificada em médio baixo na disponibilidade de serviços de geodiversidade, apesar de contar com grandes ocorrências de serviços culturais com destaque para a variável “sítios arqueológicos” e principalmente grandes ocorrências de serviços de provisão devido a existência em seus limites de várias jazidas minerais. A UPGRH SF7 também foi classificada em disponibilidade médio baixo por se destacar em ocorrências de serviços culturais e de provisão, mas não nos outros dois grupos de serviços de geodiversidade. As outras unidades foram classificadas como baixa disponibilidade de serviços de geodiversidade, apesar de algumas de destacarem nas ocorrências de determinados serviços como a SF9 em relação aos serviços culturais e as UPGRHs SF2 e SF4 em relação aos serviços provisão.

5.6. Densidade de Serviços de Geodiversidade nas UPGRHs

Na elaboração do mapa de serviços de geodiversidade, as variáveis trabalhadas encontravam-se associadas e agrupadas por UPGRHs. As informações estão contidas nos limites espaciais representados pela divisão política das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. Considerando a necessidade de conservação ou valorização desses serviços, esta pode ser uma limitação grave devido as grandes extensões em que estão representados os serviços de geodiversidade.

Para medidas de conservação e proteção, levantamentos desses serviços não podem estar limitados a regiões extensas, já que isso dificulta a aplicação de medidas eficientes na busca da manutenção da geodiversidade. Por exemplo, a bacia hidrográfica do rio das Velhas (SF5) que apresenta índice alto de serviços de geodiversidade tem uma área de drenagem de 27.857,05 km² (IGAM 2009). Por se tratar de uma área extensa, torna-se importante estimar centros ou núcleos de localização dessas variáveis.

Em *SIG* existem várias formas de se determinar agrupamentos ou influências dos fenômenos representados de forma pontual. Para este exemplo de aplicação, definiu-se por empregar o método de *Estimador de Densidade por Kernel*. O método identifica as

áreas de influências dos fenômenos pontuais a partir de sua localização até uma distância estabelecida pelo usuário. Quanto mais próximo se está do ponto de localização do fenômeno, maior é sua influência no espaço. A proximidade entre os pontos de representação do fenômeno aumenta a influência no espaço, determinando assim o índice de densidade. Quanto maior a densidade, maior é a presença do fenômeno. Identificando e classificando essas densidades, é possível representar as áreas geográficas imediatas, configurando-se assim os centros ou núcleos mais importantes (FREITAS,2006). No exemplo construído os temas escolhidos para definição das densidades foram os dados de localização dos serviços de geodiversidade.

A área máxima de influência para cada ponto é de 75 km, considerando o tamanho de *pixel* utilizado de 90 metros. O valor de 75 km foi escolhido devido à escala das variáveis e a extensão da área passível de conservação e proteção desses serviços de geodiversidade. De posse dos dados foram gerados os mapas de densidade.

5.6.1. Densidade de Serviços de Regulação

A densidade dos serviços de regulação é demonstrada na figura 9:

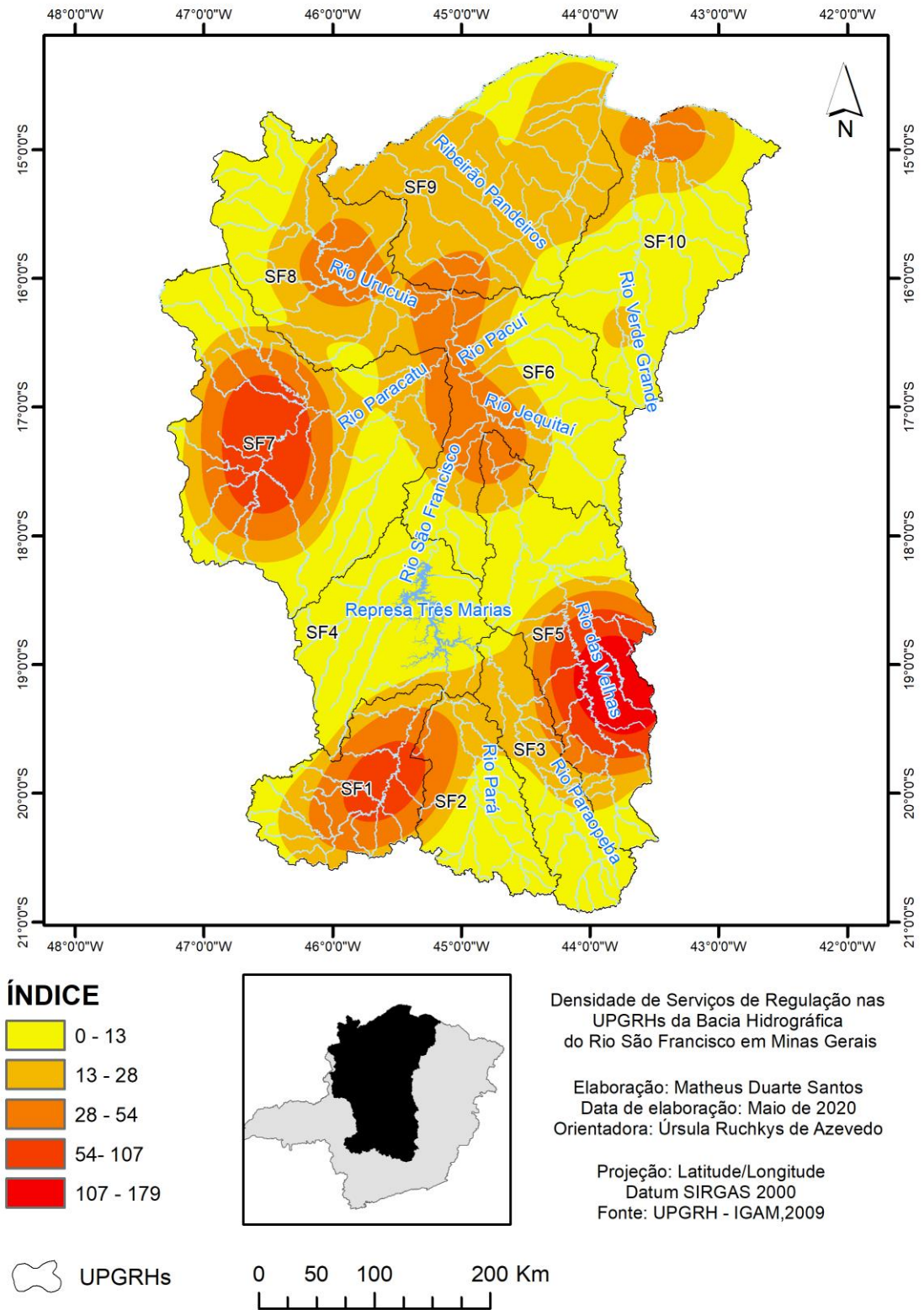


Figura 9: Densidade de Serviços de Regulação nas UGRHs

Os resultados indicam maiores densidades dos serviços da geodiversidade na UPGRH da bacia do rio das Velhas (SF5). Essa área com maior densidade é explicada pela presença nesses locais de cursos d'água ou trechos de cursos d'água referências em qualidade de água e também pela presença da bacia hidrográfica do Rio Cipó que é classificado como de preservação permanente o que contribui para a regularização qualitativa dos recursos hídricos presentes naquela região. Esses locais de densidade podem ser foco de políticas voltadas à conservação ambiental no que tange a questão da gestão de recursos hídricos. Destaca-se nessa região o município de Santana do Riacho na bacia do rio das Velhas.

As UPGRHs SF1 e SF7 também apresentaram altas densidades de serviços da geodiversidade em seus limites, seguidas pelas unidades de planejamento SF6, SF8 e SF10 que apresentaram densidades menores. Todas essas UPGRHs contam com ocorrências significativas de lagos naturais: na UPGRH SF1 os municípios de Lagoa da Prata e Luz, na UPGRH SF7 os municípios de João Pinheiro e Paracatu. Destaca-se que a variável lagos naturais é a que tem maior número de ocorrências no grupo de serviços de regulação. A variável rios de preservação permanente apesar de contar com ocorrências significativas aparece predominantemente na bacia do rio das Velhas (SF5).

5.6.2. Densidade de Serviços de Apoio

A densidade dos serviços de apoio é demonstrada na figura 10:

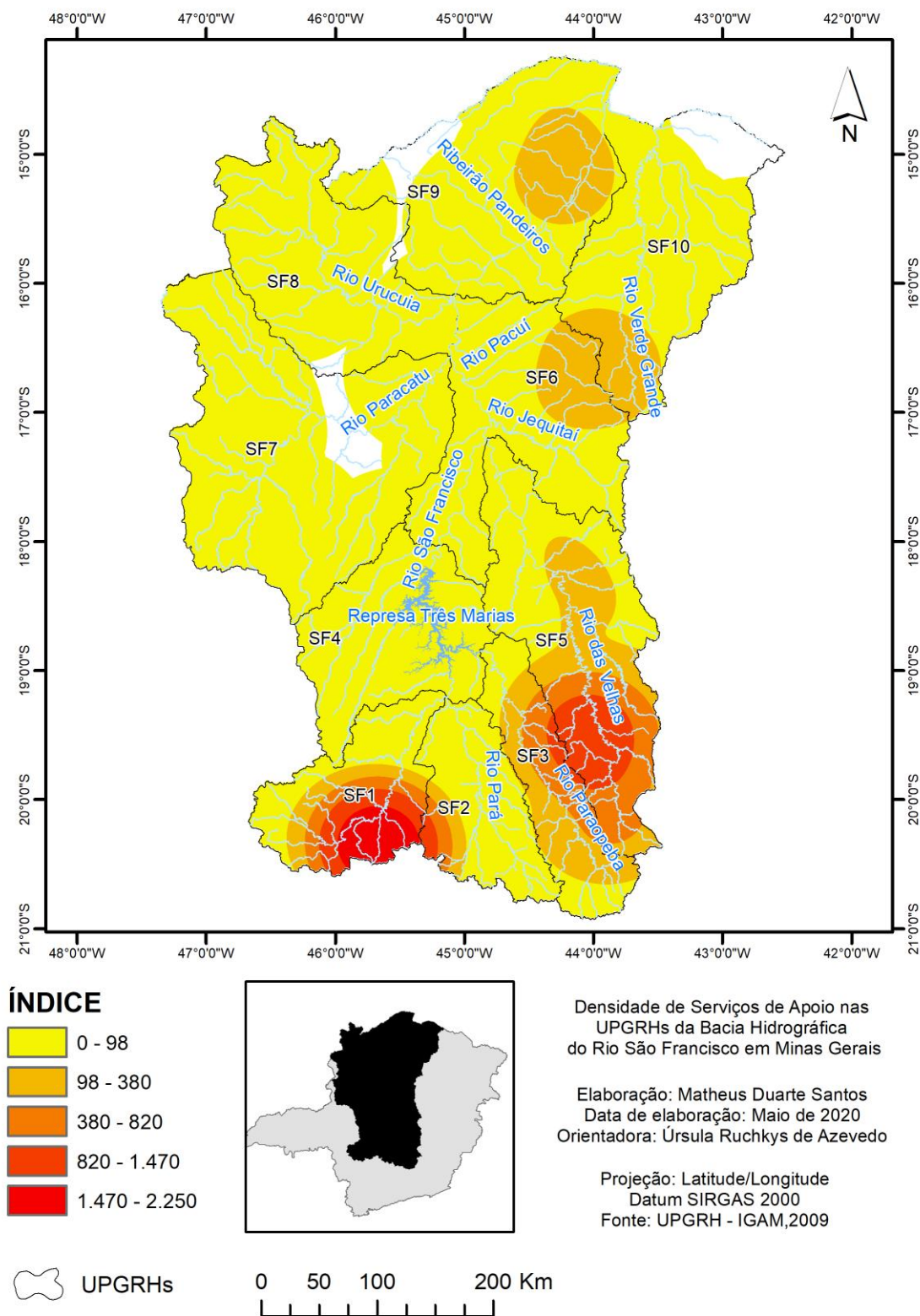


Figura 10: Densidade de Serviços de Apoio nas UPGRHs

Os resultados indicam que as maiores densidades de serviços de apoio estão localizadas nas UPGRH SF1 e SF5. Essas áreas representadas nestas UPGRHs podem

ser áreas de interesse para a implantação de medidas de conservação, em especial em relação às cavidades naturais subterrâneas. Na UPGRH SF1 destacam-se os municípios de Iguatama, Pains e Doresópolis; na Bacia do rio das Velhas contribuem para a alta densidade representada no mapa, os municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo e Matozinhos localizados em área cárstica. Nesta região está localizada entre várias cavernas, a gruta da Lapinha inserida no Parque Estadual do Sumidouro. Outras densidades menores localizadas nas UPGRHs SF6 e SF10 também ocorrem pela existência de cavidades nos municípios de Coração de Jesus, São João da Lagoa e principalmente Montes Claros. Já os municípios de Januária, Itacarambi e São João das Missões na UPGRH SF9 também se destacam na quantidade dessa variável.

5.6.3. Densidade de Serviços de Provisão

A densidade dos serviços de provisão é demonstrada na figura 11:

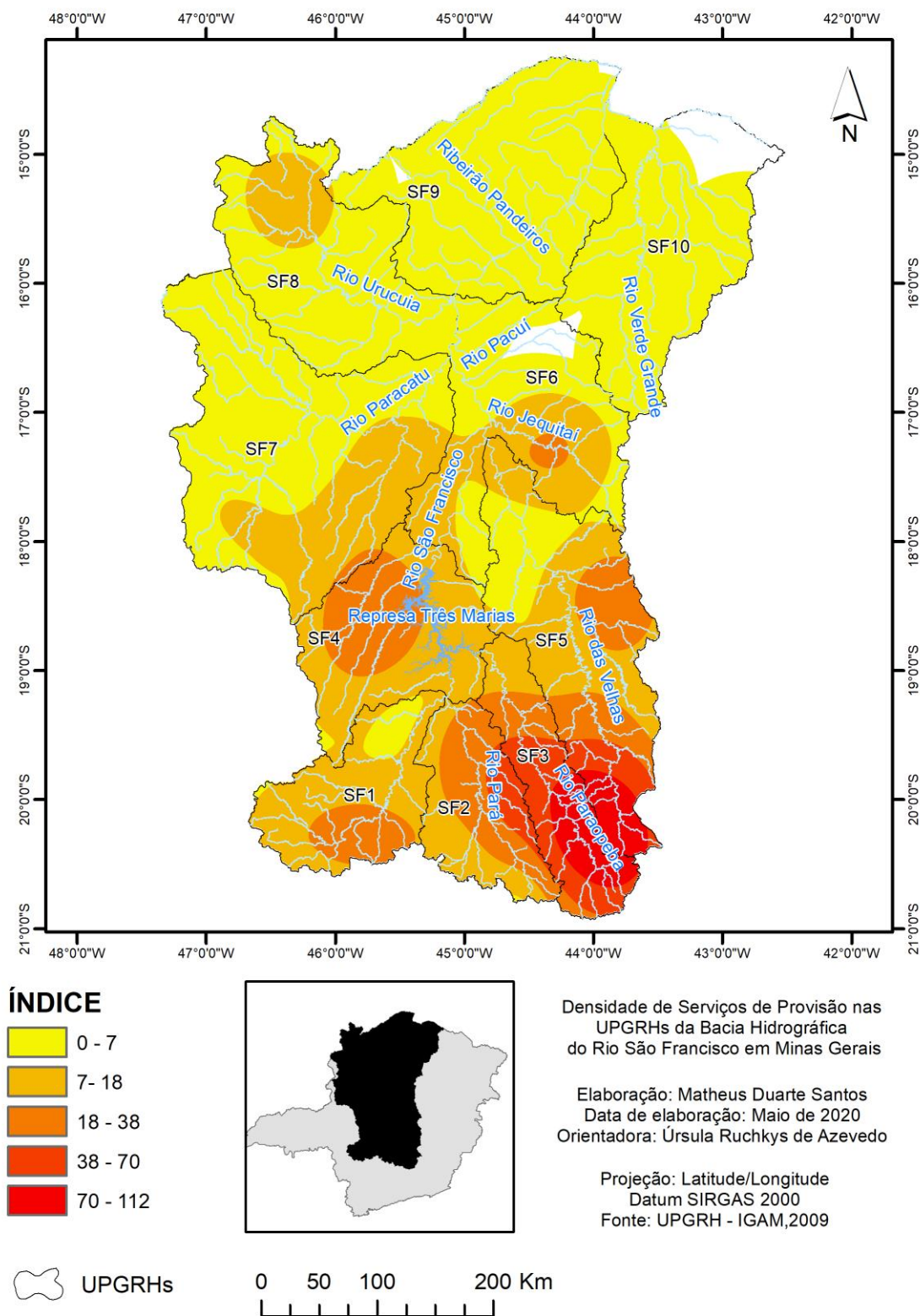


Figura 11: Densidade de Serviços de Provisão nas UGRHs

A maior densidade dos serviços de Provisão está localizada na área que se destaca pela grande produção mineral. Essa variável do grupo de provisão é responsável pela alta densidade em parte das UGRHs SF3 e SF5. Em relação a este serviço, os

municípios localizados no Quadrilátero Ferrífero apresentam um número grande de ocorrência como Brumadinho na SF3, Nova Lima, Itabirito, Sabará e Ouro Preto na SF5. Nestas regiões há a presença de minas de extração de ferro como a mina de Fábrica da Companhia Vale e também de extração de ouro como a mina Cuiabá da AngloGold Ashanti. Outras densidades mais expressivas de serviços da geodiversidade ocorrem nas UPGRHs SF1, SF4, SF6 e SF8. Na UPGRH SF1 destaque para a existência de jazidas nos municípios de Arcos, Pains e Piumhi, além da ocorrência de algumas pequenas centrais hidrelétricas em São Roque de Minas. Os municípios de Tiros, Biquinhas e Morada Nova de Minas na UPGRH SF4 apresenta ocorrências consideráveis de jazidas que contribuem para a densidade na região desses serviços de provisão. Na UPGRH SF6 o destaque são os municípios de Jequitai e Francisco Dumont que contam com a existência de um número considerável de jazidas, além da ocorrência de pequenas centrais hidrelétricas. Por fim a UPGRH SF8 apresenta densidade de serviços de apoio justificada pela grande presença de pequenas centrais hidrelétricas na região dos municípios de Buritis, Arinos e Formoso, além de duas ocorrências de Usinas hidrelétricas.

5.6.4. Densidade de Serviços Culturais

A densidade dos serviços culturais é demonstrada na figura 12:

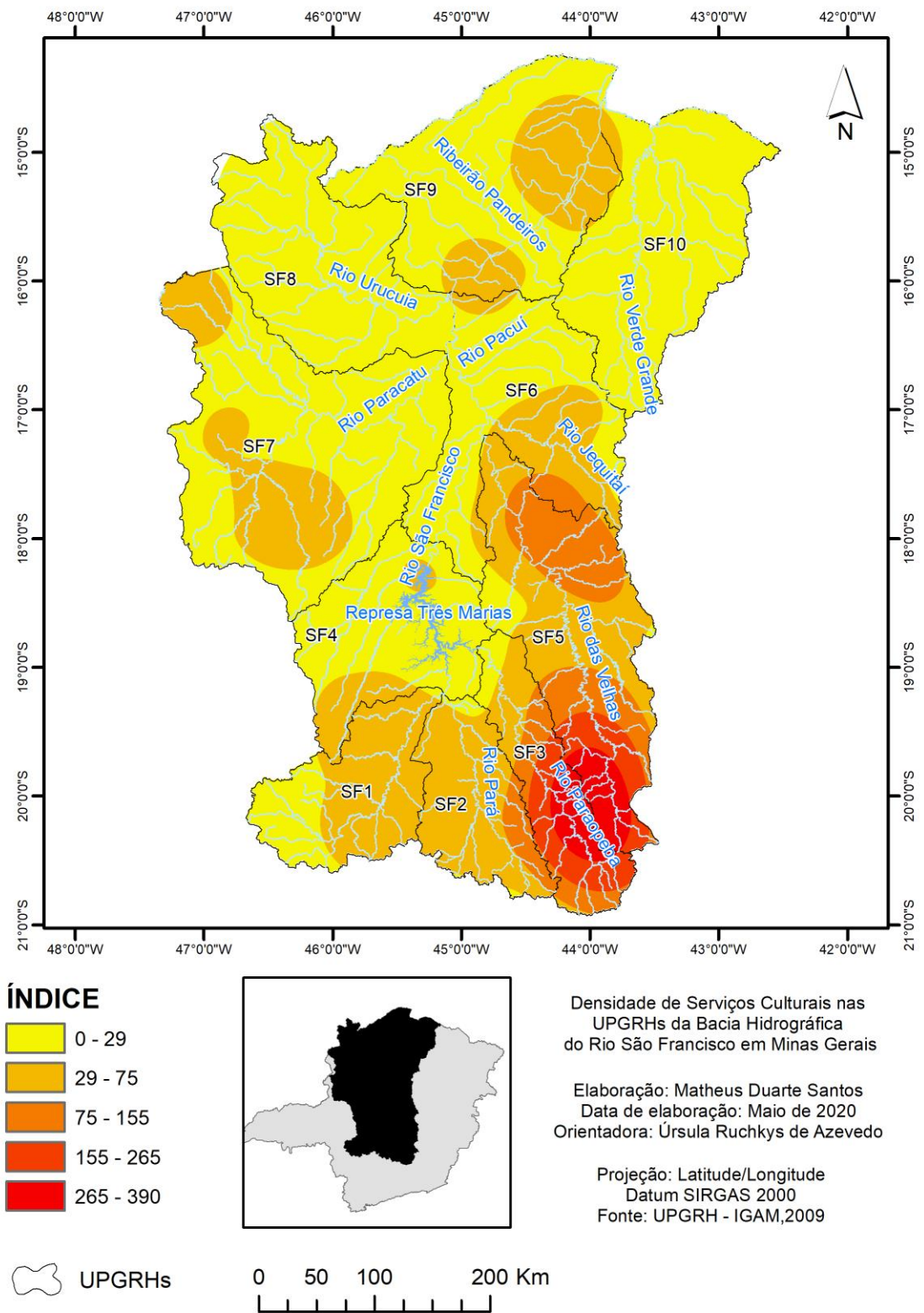


Figura 12: Densidade de Serviços Culturais nas UPGRHs

Em relação aos serviços culturais, eles apresentam agrupamentos mais expressivos nas bacias dos rios Paraopeba e bacia do rio das Velhas. É possível notar

densidades também nas UPGRHs SF1, SF2, SF7 e SF9. Essa densidade está diretamente ligada a existência de terras indígenas na região da UPGRH SF9 principalmente nos municípios de São João das Missões com a presença de terras da tribo Xacriabá e também a localização de sítios arqueológicos sobretudo nos municípios de Januária, São João das Missões e Itacarambi. Em relação a UPGRH SF7 a densidade de serviços culturais da geodiversidade ocorre devido a existência de comunidades quilombolas de Amáros, Machadinho e São Domingos no município de Paracatu, além de unidades de conservação no mesmo município. A UPGRH SF7 também conta com ocorrências consideráveis de folias no município de Presidente Olegário como a tradicional folia de Reis. O município inclusive é conhecido pelas várias manifestações religiosas que ocorrem em seu território. A densidade na região das UPGRHs SF1 e SF2 ocorre devido a localização de sítios arqueológicos na região dos municípios de Pains, Arcos e Doresópolis na UPGRH SF1. Já na UPGRH SF2 ocorrem sítios arqueológicos em quantidades significativas nos municípios de Carmo do Cajuru, Divinópolis, Perdigoão e Araújos. Essa unidade também apresenta ocorrências de folias em seus limites. A área de grande densidade das UPGRHs SF3 e SF5 está relacionada principalmente às ocorrências de sítios geológicos na região do Alto Paraopeba e Alto Velhas nos municípios de Moeda, Belo Vale, Congonhas e Itabirito. Importante destacar também as ocorrências de expressões musicais e de bens tombados pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico (IEPHA) na região. Apesar de apresentarem menores ocorrências é importante citar presença das comunidades quilombolas de Luizes e Mangueiras no município de Belo Horizonte, pela importância da valorização dessas comunidades.

No baixo curso do rio Velhas ocorre densidade de serviços culturais em virtude de sítios geológicos existentes nos municípios de Lassance e Diamantina. Ainda em relação a densidade de serviços culturais, nessa região está localizada a RMBH com grande número de bens tombados. Exemplo de um desses bem tombados é o Pico do Itabirito localizado no município de mesmo nome.

5.6.5. Densidade de Serviços de Geodiversidade

A densidade dos serviços de geodiversidade é demonstrada na figura 13:

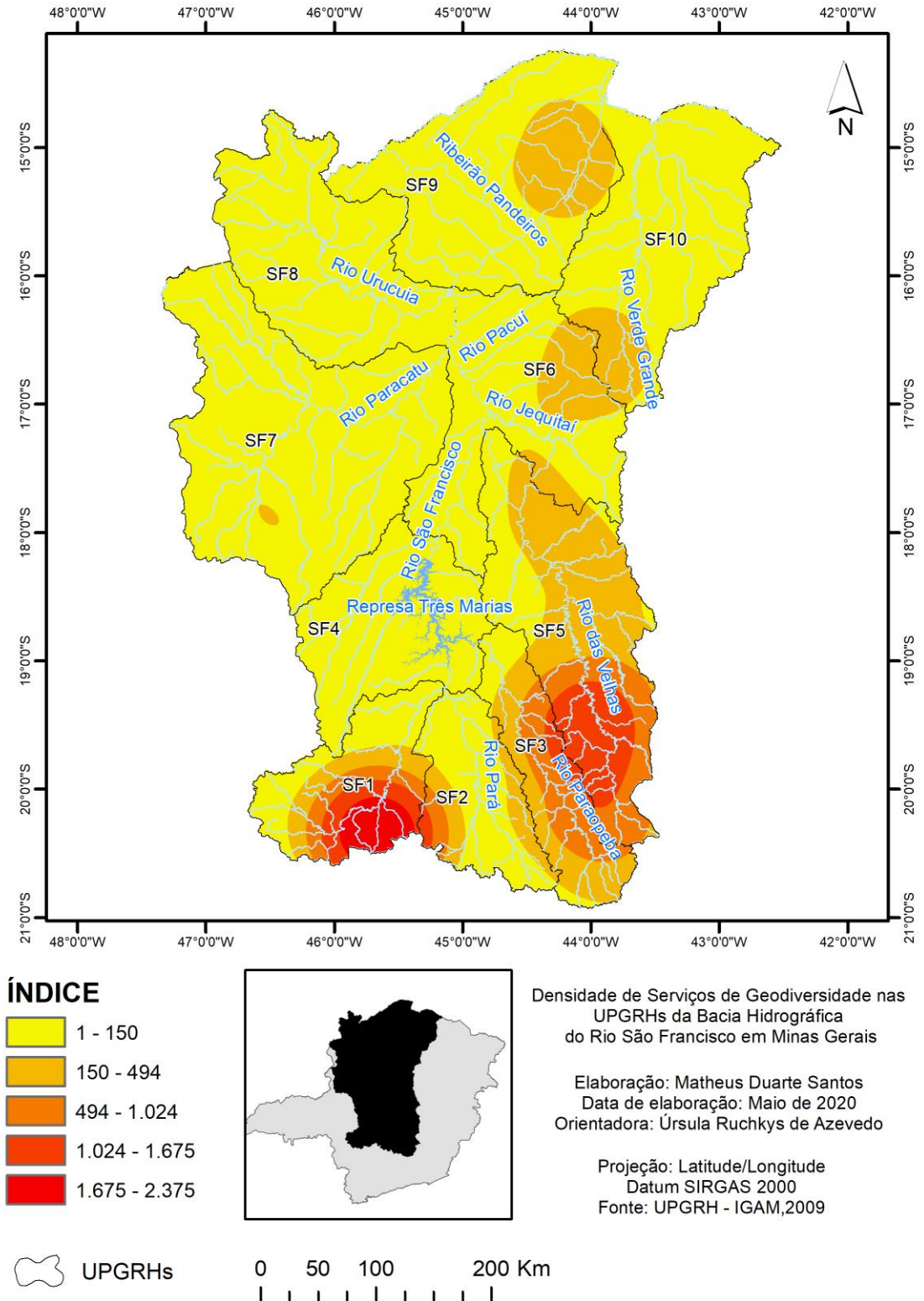


Figura 13: Densidade de Serviços de Geodiversidade nas UPGRHs

Após a elaboração dos mapas de densidade de cada serviço de geodiversidade foi gerado o mapa final com a densidade de todos os serviços de geodiversidade nas

UPGRHs da bacia hidrográfica do rio São Francisco em Minas Gerais. Esse mapa tomou como base a ocorrência de todos os quatro grupos de variáveis de serviços.

Observando o mapa da Figura 13, nota-se que a o maior centro de densidade está localizado na UPGRH SF1. Essa densidade é explicada pela grande ocorrência de serviços de apoio (cavernas), serviços de regulação (lagos naturais), serviços de provisão (jazidas) em uma área localizada nos municípios de Pains, Doresópolis, Iguatama e Arcos. Analisando todos os quatro grupos de serviços de geodiversidade a UPGRH SF1 se destaca com grande número de ocorrências. O mesmo ocorre com a bacia do rio das Velhas (SF5), que também apresenta densidade considerável de serviços de geodiversidade. A SF5 apresenta grandes ocorrências dos quatro grupos de serviços em todo o seu território, mas com grandes concentrações nos municípios de Nova Lima, Brumadinho, Moeda e Itabirito, localizados na região do Alto Velhas e nos municípios de Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, Matozinhos e Prudente de Moraes localizados no médio rio das Velhas

5.7 Os Serviços em Destaque nas UPGRHs

O uso dos serviços da geodiversidade é realizado em grande escala ao longo de toda a Bacia do São Francisco, seja de forma direta ou indireta. Esses serviços estão disponíveis e são produzidos pelos diferentes elementos da geodiversidade ou por sua integração e precisam ter sua qualidade mantida para que continuem sendo gerados e utilizados.

Os serviços da geodiversidade mapeados nas UPGRHs da Bacia do rio São Francisco são essenciais para a sociedade e tem um impacto no bem-estar humano, alguns desses serviços são destacados na Figura 14.

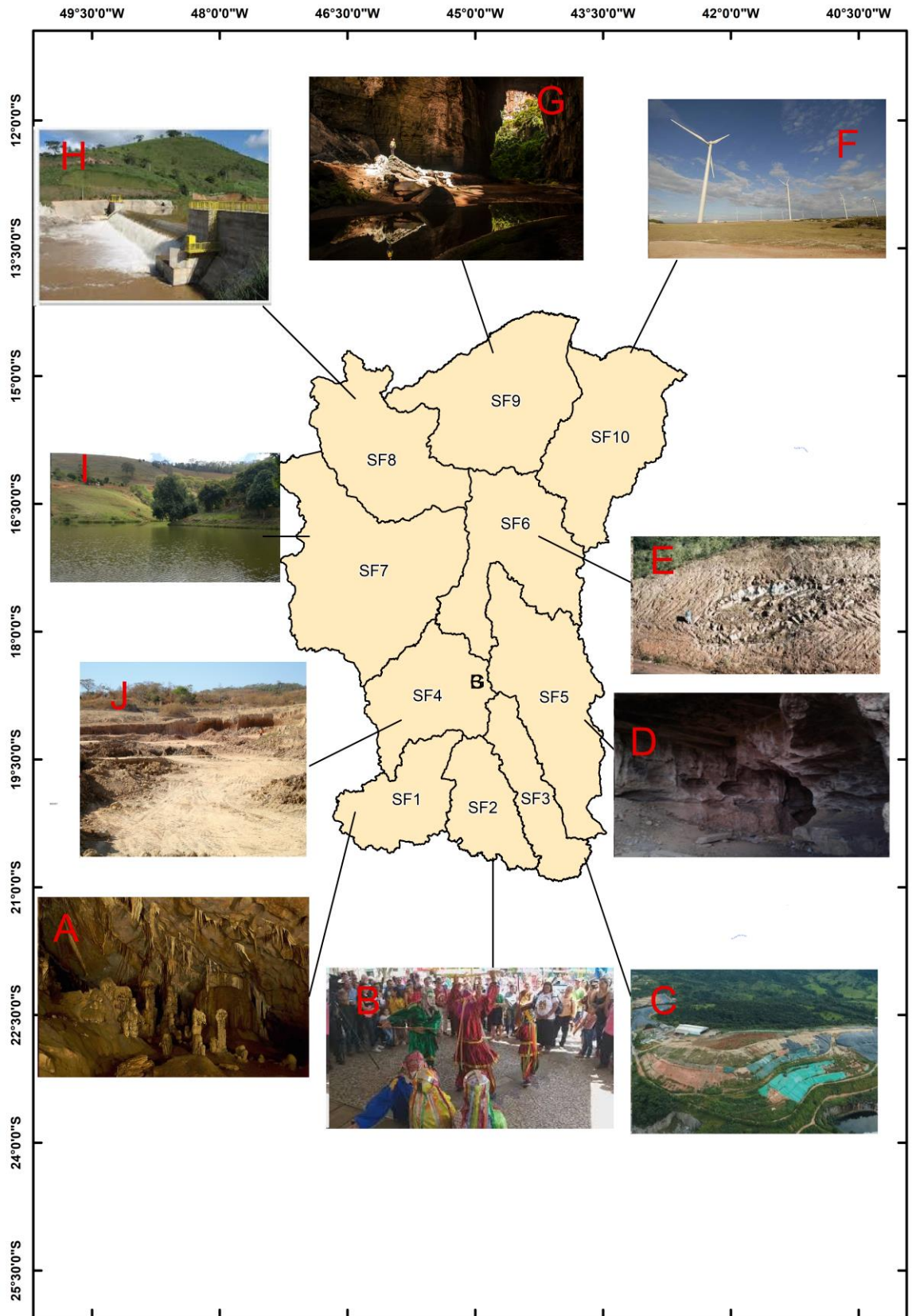


Figura 14: Serviços em destaque nas UGRHs – Fonte Fotografias: (A) CPRM, (B) Prefeitura Municipal

de Carmópolis de Minas, (C) Prefeitura Municipal de Betim, (D) SETUR, (E) SIGEP-CPRM, (F) CEMIG, (G) ICMBIO, (H) CEMIG e (J) CODEMGE.

Em destaque como representante dos **serviços de regulação** mapeados está a ocorrência de lagos naturais que, dentre outras funções, auxiliam no controle das cheias. **A SF7** é a unidade com maior número de ocorrências, como por exemplo, a Lagoa redonda (Figura 14 - I) no município de João Pinheiro. É uma lagoa marginal do rio Paracatu. Apresenta mata ciliar em estágio secundário e que faz continuidade com uma extensa área de “cerradão” cujos fragmentos se encontram alterados e em diferentes estados de conservação (MMA,2008). Por ser uma lagoa marginal a um curso d’água, ela atua na amenização de cheias.

Em relação aos **serviços de apoio**, dentre as variáveis destaca-se as cavidades naturais subterrâneas enquadradas na provisão de habitats. Cabe salientar que muitas das variáveis prestam mais de um tipo de serviço, mas nesse caso, buscou-se tratá-las o mais próximo possível da proposta de Gray (2013). Esse é o caso das cavernas que para além da importância como habitat para diversas espécies, muitas das quais endêmicas, integram o patrimônio espeleológico nacional com valor cultural e funcional já que as regiões cársticas apresentam aquíferos importantes. A presença de cavidades teve destaque nas **SF1** (Gruta do Brega, Pains – Figura 14 - A) e **SF5** (Gruta da Lapa Mortuária, Confins – Figura 14 - D). Para ambas as regiões a literatura demonstra a importância das cavidades como habitats para uma grande diversidade de espécies (Zampaulo, 2010; Iniesta et al., 2012).

Outro item de apoio apresentado neste trabalho foi a ocorrência de aterros sanitários. Essa variável do item enterro e armazenamento apresentou ocorrências na UPGRH **SF3**. A figura 14 - C ilustra o aterro do município de Betim. Esse tipo de serviço é fundamental para a sociedade hoje devido a correta disposição dos resíduos gerados. Fiorillo (2011) expõe que “aterros sanitários são os locais especialmente concebidos para receber lixo e projetados de forma a que se reduza o perigo para a saúde pública e para a segurança”

Em relação aos **serviços de provisão** destaca-se no mapa (Figura 14 - J) o terraço aluvionar em lavra de diamantes pela Petrus mineração no município de Tiros na UPGRH **SF4**. Essa unidade de planejamento está localizada na Província Diamantífera Oeste de São Francisco. A geologia desta região é dominada por rochas da porção

superior do Grupo Bambuí (formações Serra da Saudade e Três Marias), nas partes baixas do relevo, as quais são cobertas por formações cretácicas (grupos Areado, Mata da Corda e Urucuia), bem como sedimentos do Neogeno (Pinto & Silva 2014).

Ainda nos serviços de provisão a UPRGH **SF8** apresentou grandes ocorrências de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), varável representante do item combustível e energia. A figura 14 - H ilustra uma PCH na bacia do rio Urucuia (SF8). O uso de pequenas usinas para geração de energia tem sido empregado desde o século XIX. Diferentes autores relatam que a primeira PCH construída no Brasil data de 1883 (FUNCHAL, 2008; CARNEIRO,2010). O primeiro objetivo da construção de PCHs foi voltado às atividades de mineração. Posteriormente algumas obras foram construídas em sistemas isolados, com o objetivo de fornecer energia às cidades e indústrias em geral (CARNEIRO,2010).

Ainda nos serviços de provisão, a UPRGH **SF10** apresentou as maiores ocorrências de usinas Eolioeletricas, todas concentradas no município de Francisco Sá (Figura 14 - F). Essa forma de produção de energia limpa e renovável, apesar de poucas ocorrências na área de estudo, tem grande potencial de crescimento. Segundo Rampinelli e Rosa Junior (2013), o parque de energia eólica brasileira apresenta potência instalada de aproximadamente 1.800 MW, e contratação de aproximadamente 2.000 MW por ano em leilões.

Os **serviços culturais** são de certa forma, os mais fáceis de serem percebidos e se revelam nas múltiplas relações entre as comunidades e as paisagens onde estão inseridas. Esse tipo de serviço foi mapeado em todas UPRGHs de forma expressiva. Neste contexto, as chamadas folias de minas que demonstram a relação das comunidades com o “lugar” são destaque e ocorreram em todas as unidades. A figura 14 - B ilustra a folia de reis no município de Carmópolis de Minas na UPRGH **SF2**. Através das folias ocorrem uma extensa rede em que pessoas, bens e serviços morais, religiosos, econômicos e estéticos são postos em deslocamento, trocados, dados, recebidos e retribuídos (MAUS,2003).

Os sítios geológicos são representantes do item história da pesquisa nos serviços culturais. A figura 14 - E representa um aforamento no sitio geológico de Serra da Água Fria localizado na UPRGH **SF6**. Este importante sítio apresenta vestígios de glaciação neoproterozóica. A glaciação neoproterozóica, que afetou grande porção do centro-leste brasileiro, deixou seus melhores vestígios na região da serra da Água Fria e vizinhanças,

em Minas Gerais (HOPPE et al., 2002). Ainda nos serviços culturais, destaque para as Unidades de Conservação com ocorrências em todas as unidades. A Figura 14 - G representa a Unidade de Conservação do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu na UPGRH **SF9**. O Parque Nacional apresenta ecossistemas naturais bem preservados, com áreas contínuas de vegetação arbórea arbustiva de Cerrado, Floresta Estacional e espécies de ampla distribuição de formações Caatinga (VELLOSO et al, 2002).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizando bases cartográficas existentes buscou representar nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco em Minas Gerais, os serviços de geodiversidade por meio das ocorrências dos valores destes serviços em cada UPGRH e posteriormente buscou a densidade desses serviços na área de estudo.

O trabalho possibilitou conhecer como estão dispostos cada tipo de serviço de geodiversidade nas unidades de planejamento. Além de sua disposição, o estudo apresentou áreas de maior densidade o que possibilita um foco na conservação e valorização de locais com maior potencial de serviços abióticos.

As UPGRHs levam em conta nas suas divisões, aspectos físicos, sócio-culturais, econômicos e políticos. Os serviços de geodiversidade podem ser mais uma variável componente em seus aspectos, contribuindo dessa forma para a gestão de recursos hídricos. Em relação a essas unidades de planejamento constata-se que a SF5 é que apresenta maior potencial de serviços de geodiversidade. Já em relação as densidades, nota-se que há centros distribuídos por mais de uma unidade, o que auxilia na priorização dessas áreas para conservação e valorização.

O estudo possibilita que novas variáveis sejam incluídas a partir de novos mapeamentos, já que um dos maiores desafios da pesquisa foi encontrar bases cartográficas ligadas aos grupos de serviços de geodiversidade.

Espera-se que a realização deste trabalho possa oferecer subsídios para uma análise voltada também para os elementos abióticos nas UPGRHs do rio São Francisco em Minas Gerais e que sirva de base para estabelecimento de áreas prioritárias para conservação e valorização, além de servir de base para novo estudos posteriores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. 2015 Disponível em <https://www.ana.gov.br/>
- ANDRADE, E. D. V.; CARNEIRO, A. F. T. A elaboração de documentos cartográficos sob a ótica do mapeamento participativo. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 15, n. 3, 2009.
- ATANAZIO, R. Geoprocessamento aplicado em projeto de pagamento por Serviços Ecosistêmicos (PSE) no município de Apucarana, PR. Monografia apresentada ao curso de Especialização em Geoprocessamento do Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento – CIEG – Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2010.
- BARBOSA, A. M. Subsídios para o planejamento em ecoturismo na região do médio Rio Grande, Minas Gerais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto. – São José dos Campos: INPE, 2003. 249 p. – (INPE-10293-TDI/912). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Disponível em <http://www.inpe.br/biblioteca/>> Acesso em 28 mar. 2020.
- BEZERRA, O. G. O patrimônio natural no contexto da conservação integrada. In: *Revista Patrimônio e Memória* São Paulo, Unesp, v. 14, n. 1, p. 51-68, janeiro-junho, 2018. Disponível: <http://pem.assis.unesp.br/index.php/pem/article/view/826/978>>. Acesso em: 09 Abr. 2020.
- BRUSCHI, V. M. Desarrollo de una metodología para la caracterización , evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. 2007. 354 p. f. Tese (Doutorado em Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada) – Facultad de Ciencias, Universidad de Cantabria, Santander, 2007.
- BUREK, C. & POTTER, J. (2002) Minding the LGAPs. *Geoscientist*, 12(9), 16 17.
- CARNEIRO, D. A. PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas: aspectos jurídicos, técnicos e comerciais. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.
- COELHO S. C. Geoprocessamento Aplicado a Avaliação de Serviços Ecosistêmicos no Município de Arcos - MG. Trabalho final de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 47p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBH SF. A Bacia. Disponível em < <https://cbhsaofrancisco.org.br/> >. Acesso em: 15 Dez. 2019.

FIORILLO, C. A. P. Curso de Direito Ambiental brasileiro. São Paulo: Saraiva, 2011.

FORTE, J. P. Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território. Braga(Portugal), 2014. 347f. Tese (Doutoramento em Ciências) - Especialidade de Geologia, Universidade do Minho, 2014.

FORTE, J. P.; BRILHA, J.; PEREIRA, D. I.; NOLASCO, M. Kernel Density Applied to the Quantitative Assessment of Geodiversity. *Geoheritage*, v.10, n.2, p. 205-217, janeiro. 2018.

FRANCO, J. L. A.; O Conceito de Biodiversidade e a História da Biologia da Conservação: da Preservação da Wilderness á Conservação da Biodiversidade Franca, v. 32, p. 21-48, 2013.

FREITAS C. R. 2006. Impacto das Novas Técnicas de Geoinformação nos Estudos Espaciais e nas Representações Cartográficas Destinadas ao Turismo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 177p

FUNCHAL, P. H. Z. A Contabilização das Externidades como Instrumento para Avaliação de Subsídios: o caso das PCHs no contexto do PROINFA. 2008 Dissertação de Mestrado. Programa Interunidades de Pós – Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008

GRAY M. (Eds.) 2004. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons, Chichester, England, 448 p.

GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2^a ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. 495p.

HOPPE, A.; Karfunkel, J.; Noce,C.M. 2002. Sítio Inhaúma, MG - Camadas aragoníticas pré-cambrianas. In: Schobbenhaus,C.; Campos,D.A. ; Queiroz,E.T.; Winge,M.; Berbert-Born,M.L.C. (Edits.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 01: 175-180

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. Unidades de Planejamento. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento> . Acesso em: 02 Dez. 2019

JOHANSSON C. (Eds.) 2000. Geodiversitet i Nordisk Naturvard. Nordisk Ministerraad, Suíça, 151 pp.

KOZLOWSKI S. 2004. The concept and scope of Geodiversity. *Przeglad Geologiczny*, 52:833-837.

MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: considerações sobre quantificação e avaliação da distribuição espacial. *Anu. Inst. Geociências*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 1, jun. 2012.

MAUSS, Marcel. 2003. *Sociologia e antropologia*. São Paulo: Cosac & Naif.

MEDEIROS, P. et al. Aporte Fluvial e Dispersão de Matéria Particulada em Suspensão na Zona Costeira do Rio São Francisco (se/al) *Geochimica Brasilienses*, v. 21, n 2, 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Projeto de Diagnóstico da Herpetofauna da Bacia do Rio São Francisco 2006-2007. Disponível em: <https://www1.icmbio.gov.br>. Acesso em: 15 Mai 2020

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos, PNRH. 2006. Disponível em <https://www.mma.gov.br/publicacoes/agua/category/42-recursos-hidricos>. Acesso em: 22 Mar 2020

NIETO, L. M. Patrimonio Geológico, Cultura y Turismo. *Boletin del Instituto de Estudios Ginnenses*, n. 182, p. 109-122. 2001.

PATRO. S. G. K., SAHU, K. K. Normalization: A Preprocessing Stage. *ComputerScience*.2015. Disponível em <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1503/1503.06462.pdf>>.

PEREIRA, E. O.; RUCHKYS, U.; PELLITERO, R. Modelagem da Geodiversidade na Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte MG. *Geonomos*, v. 21, p. 97-101, 2013.

PEREIRA, S. B. et al. Estudo do Comportamento Hidrológico do rio São Francisco e seus Principais Afluentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 6, p. 615-622, 2007

PINTO C.P. & Silva M.A. 2014. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.

POTT, C. M.; ESTRELA, C.; C, R. Histórico Ambiental: Desastres Ambientais e um Despertar de um Novo Pensamento . Estudos Avançados, v. 31, p. 271-283, 2017.

RAMPINELLI, G.A; ROSA JÚNIR, C. G. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 14, n 2. 2012.

SANTOS, G.B. et al. Marcação e recaptura da curimatápioa(*Prochilodus costatus*) em um afluente do rio São Francisco e avaliação da necessidade de transposição de peixes na UHE Gafanhoto. In J.M. Lopes e F.O. Silva(Org.). Transposição de peixes. Belo Horizonte, p.35-58,2012.

SERRANO, E. C. & RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: Concepto, Evaluación y Aplicación Territorial. El Caso De Tiermes (Caracena). Boletín de la A.G.E. n. 45, p. 79-98, 2007.

SHARPLES C. 2002. Concepts and Principles of Geoconservation. Pdf document. Tasmanian Parks & Wildlife Service website. Disponível em: [http://www.dpiw.tas.gov.au/inter,nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter,nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf). Acessado em: 11 Outubro 2019.

SHARPLES, C. A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes. Tasmania: Forestry Commission, 1993, 31p.

SILVA G. C. Índice de Geoconservação da Geodiversidade Funcional: Proposta Teórico- Metodológica Aplicada as Sub-Bacias Água Quente e Água Fria, São Carlos-SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 74p

SILVA J. P. 2012. Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 277p.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. *Geoheritage*, v.7, n.4, p. 337–350, dezembro. 2015.

STANLEY M. 2001. Editorial. *Geodiversity Update*, 1:1.

VEIGA, A.T.C. A geodiversidade e o uso dos recursos minerais da Amazônia. Terra das Águas - UnB, 1: 88-102, 1999

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. (Eds.). Ecorregiões, propostas para o bioma Caatinga. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, Recife, 2002.

XAVIER-DA-SILVA, J. ; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações. 2004. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 145 p.

ZAMPAULO, R. A., Diversidade de Invertebrados Carvenícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): Subsídios para Determinação de Áreas Prioritárias para a Conservação – Lavras : UFLA, 2010 190p.