



FLÁVIO ANDREOTE DOS SANTOS

**GOVERNANÇA E SUSTENTABILIDADE HÍDRICO-
AMBIENTAL NA UPGRH DOS AFLUENTES DO ALTO SÃO
FRANCISCO: DO DIAGNÓSTICO TERRITORIAL AO
DESENVOLVIMENTO DO ICSA E À PROPOSIÇÃO DO SELO
CARRANCA**

**LAVRAS – MG
2026**

FLÁVIO ANDREOTE DOS SANTOS

**GOVERNANÇA E SUSTENTABILIDADE HÍDRICO-AMBIENTAL NA UPGRH DOS
AFLUENTES DO ALTO SÃO FRANCISCO: DO DIAGNÓSTICO TERRITORIAL AO
DESENVOLVIMENTO DO ICSA E À PROPOSIÇÃO DO SELO CARRANCA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Prof. DSc. Luís Antônio Coimbra Borges

**LAVRAS – MG
2026**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Santos, Flávio Andreote dos.

Governança e sustentabilidade hídrico-ambiental na UPGRH dos Afluentes do
Alto São Francisco : do diagnóstico territorial ao desenvolvimento do ICSA e à
proposição do Selo Carranca / Flávio Andreote dos Santos. - 2026.

187 p. : il.

Orientador: Luís Antônio Coimbra Borges

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2026.

Bibliografia.

1. Governança hídrica. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Sustentabilidade
ambiental. 4. Índice de sustentabilidade. 5. Certificação ambiental. I. Borges, Luís
Antônio Coimbra. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

FLÁVIO ANDREOTE DOS SANTOS

**GOVERNANÇA E SUSTENTABILIDADE HÍDRICO-AMBIENTAL NA UPGRH DOS
AFLUENTES DO ALTO SÃO FRANCISCO: DO DIAGNÓSTICO TERRITORIAL AO
DESENVOLVIMENTO DO ICSA E À PROPOSIÇÃO DO SELO CARRANCA**

**WATER GOVERNANCE AND HYDRO-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN
THE WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT UNIT OF THE
TRIBUTARIES OF THE UPPER SÃO FRANCISCO RIVER (UPGRH SF1): FROM
TERRITORIAL DIAGNOSIS TO THE DEVELOPMENT OF THE COMPOSITE HYDRO-
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDEX (ICSA) AND THE PROPOSAL FOR
THE CARRANCA SEAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Florestal,
área de concentração em Manejo Florestal, para
a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de setembro de 2026.

Prof. DSc. Fausto Weimar Acerbi Júnior	UFLA
Profa. DSc. Sarita Soraia de Alcântara Laudaes	FUNDECC
Prof. DSc. Luciano Cavalcante de Jesus França	UFU
Prof. DSc. Bergson Cardoso Guimarães	MPMG

Documento assinado digitalmente
 LUIS ANTONIO COIMBRA BORGES
Data: 13/10/2026 07:01:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador
Prof. DSc. Luís Antônio Coimbra Borges

**LAVRAS – MG
2026**

A Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo desta caminhada.
À minha família, pelo apoio constante e pelos valores que sustentam minha trajetória.
À minha esposa, pelo amor, companheirismo e compreensão em todos os momentos.
Ao meu orientador e amigo Totonho, pela compreensão e dedicação constantes.
Aos meus filhos, razão maior de minha dedicação e fonte permanente de inspiração.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras – UFLA, à Escola de Ciências Agrárias de Lavras – ESAL, ao Departamento de Ciências Florestais – DCF e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – PPGEF, pela estrutura oferecida, pelo suporte acadêmico e pela oportunidade de realização do Doutorado.

“Pense globalmente, aja localmente.”

(René Dubos)

RESUMO

A governança dos recursos hídricos exige instrumentos capazes de integrar diagnóstico territorial, capacidade institucional, conservação ambiental, produção de informações e indução de melhorias na gestão pública. Esta tese teve como objetivo analisar a sustentabilidade hídrico-ambiental na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco (UPGRH SF1), por meio de uma trajetória investigativa que partiu da identificação de fragilidades na gestão hídrica regional, avançou para a construção de um índice composto e culminou na proposição de um sistema de certificação municipal. A pesquisa caracterizou-se como aplicada, exploratória, descritiva, documental, quantitativa e propositiva, sendo organizada em estudos complementares. Inicialmente, foram examinados dados de outorgas e cadastros de usos considerados insignificantes, evidenciando-se crescimento expressivo da regularização simplificada, inconsistências nas informações autodeclaradas e limitações nos mecanismos de auditoria e monitoramento. Em seguida, foram analisados projetos de Pagamento por Serviços Ambientais, com destaque para a participação de pequenos produtores rurais, a recuperação de áreas degradadas e a relevância da mobilização social na UPGRH SF1. Com base nesses diagnósticos, foi desenvolvido o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), constituído por 14 subindicadores distribuídos em cinco dimensões: gestão institucional e governança; saneamento e controle da poluição; conservação ambiental e recuperação; informação e monitoramento hídrico; e educação e mobilização ambiental. O índice foi aplicado aos 29 municípios da unidade hidrográfica, utilizando-se dados oficiais, normalização em escala de 0 a 100, procedimentos estatísticos e análise geoespacial. Os resultados demonstraram elevada heterogeneidade territorial e indicaram que o desempenho hídrico-ambiental depende da convergência entre infraestrutura, planejamento, capacidade institucional, qualidade das informações, conservação ambiental e participação social. A partir do ICSA, foi proposto o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental, estruturado em níveis progressivos de desempenho, critérios técnicos, validação informacional, governança institucional, monitoramento e revalidação periódica. Concluiu-se que a integração entre diagnóstico territorial, indicadores compostos e certificação pode ampliar a capacidade de planejamento, priorização de políticas públicas, transparência e melhoria contínua da governança hídrica em escala municipal e de bacia hidrográfica.

Palavras-chave: governança hídrica; sustentabilidade hídrico-ambiental; indicadores compostos; certificação ambiental; Selo Carranca.

ABSTRACT

Water governance requires instruments capable of integrating territorial assessment, institutional capacity, environmental conservation, information production, and mechanisms for promoting improvements in public management. This thesis aimed to analyze hydro-environmental sustainability in the Water Resources Planning and Management Unit of the Tributaries of the Upper São Francisco River (UPGRH SF1) through an investigative trajectory that began with the identification of weaknesses in regional water governance, advanced to the development of a composite index, and culminated in the proposal of a municipal certification system. The study adopted an applied, exploratory, descriptive, documentary, quantitative, and proposal-oriented approach and was organized into complementary studies. Initially, data on water-use permits and registrations of water uses considered insignificant were examined, revealing substantial growth in simplified water-use regularization, inconsistencies in self-reported information, and limitations in auditing and monitoring mechanisms. Subsequently, Payment for Environmental Services (PES) projects were analyzed, with emphasis on the participation of small-scale rural producers, the restoration of degraded areas, and the relevance of social mobilization in the UPGRH SF1. Based on these assessments, the Composite Hydro-Environmental Sustainability Index (ICSA) was developed, comprising 14 subindicators distributed across five dimensions: institutional management and governance; sanitation and pollution control; environmental conservation and restoration; water resources information and monitoring; and environmental education and mobilization. The index was applied to the 29 municipalities within the water resources management unit using official data, normalization on a scale from 0 to 100, statistical procedures, and geospatial analysis. The results revealed marked territorial heterogeneity and indicated that hydro-environmental performance depends on the convergence of infrastructure, planning, institutional capacity, information quality, environmental conservation, and social participation. Based on the ICSA, the Carranca Seal for Hydro-Environmental Sustainability was proposed as a certification system structured around progressive performance levels, technical criteria, information validation, institutional governance, monitoring, and periodic revalidation. It was concluded that integrating territorial assessment, composite indicators, and certification can enhance planning capacity, public policy prioritization, transparency, and the continuous improvement of water governance at the municipal and river-basin scales.

Keywords: water governance; hydro-environmental sustainability; composite indicators; environmental certification; Carranca Seal.

INDICADORES DE IMPACTO

A tese apresenta impactos científicos e metodológicos, sociais e institucionais, tecnológicos, econômicos, culturais e extensionistas, alguns já materializados e outros de natureza potencial. Os impactos científicos e metodológicos correspondem à produção de conhecimento e ao desenvolvimento de instrumentos de avaliação; os sociais e institucionais relacionam-se ao apoio à governança, ao planejamento e à tomada de decisão; os tecnológicos decorrem da transformação do conhecimento em metodologias replicáveis; os econômicos referem-se ao potencial de aprimorar a alocação de recursos; os culturais vinculam-se à valorização da identidade territorial; e o caráter extensionista decorre da aplicação dos resultados por atores externos à Universidade. Como resultados concretos, foram produzidos diagnósticos sobre outorgas, cadastros de usos considerados insignificantes, Pagamento por Serviços Ambientais e restauração de áreas degradadas, além do desenvolvimento do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), constituído por 14 subindicadores distribuídos em cinco dimensões e aplicado aos 29 municípios da UPGRH SF1. Também foi proposto o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental, destinado a converter os resultados do índice em níveis progressivos de reconhecimento, monitoramento e indução de melhoria da gestão municipal. Os impactos sociais e institucionais são predominantemente potenciais, pois os instrumentos desenvolvidos poderão subsidiar o CBH SF1, o IGAM, as administrações municipais, os usuários de recursos hídricos, os pequenos produtores rurais e as organizações da sociedade civil na identificação de fragilidades, priorização de ações e acompanhamento de políticas públicas. O caráter extensionista decorre da aplicabilidade territorial dos resultados e da participação desses atores em processos de validação, certificação, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas e PSA. Os impactos tecnológicos associam-se à metodologia integrada, replicável e baseada em dados oficiais; os econômicos, ao direcionamento de recursos e investimentos; e o impacto cultural, à valorização da identidade do rio São Francisco por meio do Selo Carranca. A pesquisa enquadra-se principalmente nas áreas de Meio Ambiente, Tecnologia e Produção, Educação, Comunicação e Trabalho, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 6, 11, 12, 13, 15, 16 e 17, ao fortalecer a gestão da água, a sustentabilidade territorial, a ação climática, a proteção dos ecossistemas, a governança institucional e as parcerias para o desenvolvimento sustentável.

IMPACT INDICATORS

The thesis presents scientific and methodological, social and institutional, technological, economic, cultural, and university extension impacts, some already realized and others still potential. Scientific and methodological impacts relate to knowledge production and the development of assessment tools; social and institutional impacts involve support for governance, planning, and decision-making; technological impacts arise from transforming knowledge into replicable methodologies; economic impacts relate to the potential for improving resource allocation; cultural impacts are associated with the valorization of territorial identity; and the university extension dimension derives from the application of research outcomes by stakeholders outside the University. As concrete outcomes, assessments were conducted on water-use permits, registrations of water uses considered insignificant, Payment for Environmental Services (PES), and the restoration of degraded areas. In addition, the Composite Hydro-Environmental Sustainability Index (ICSA) was developed, comprising 14 subindicators distributed across five dimensions and applied to the 29 municipalities of the UPGRH SF1. The Carranca Seal for Hydro-Environmental Sustainability was also proposed to convert the index results into progressive levels of recognition, monitoring, and promotion of improvements in municipal management. Social and institutional impacts remain predominantly potential, as the tools developed may support the SF1 River Basin Committee (CBH SF1), the Minas Gerais Water Management Institute (IGAM), municipal governments, water users, small-scale rural producers, and civil society organizations in identifying weaknesses, prioritizing actions, and monitoring public policies. The university extension dimension derives from the territorial applicability of the results and from the participation of these stakeholders in validation, certification, environmental education, degraded-area restoration, and PES processes. Technological impacts are associated with the integrated and replicable methodology based on official data; economic impacts relate to the targeting of resources and investments; and cultural impacts are linked to the valorization of the São Francisco River's territorial identity through the Carranca Seal. The research falls primarily within the thematic areas of Environment, Technology and Production, Education, Communication, and Work and contributes to Sustainable Development Goals 6, 11, 12, 13, 15, 16, and 17 by strengthening water management, territorial sustainability, climate action, ecosystem protection, institutional governance, and partnerships for sustainable development.

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASF	Associação Ambientalista do Alto São Francisco
AWS	Alliance for Water Stewardship
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
CBH-SF1	Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CERH-MG	Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais
CH	Circunscrição Hidrográfica
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
ECA	Enquadramento dos Corpos de Água
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EU	European Union
FJP	Fundação João Pinheiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ICSA	Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica
IDE-SISEMA	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ISO	International Organization for Standardization
ISO/IEC	International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas

PCJ	Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí
PD	Plano Diretor
PDRH	Plano Diretor de Recursos Hídricos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRAD	Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada
PRA-MG	Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
QGIS	Software de Sistema de Informação Geográfica
SEF-MG	Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais
SEI	Sistema Eletrônico de Informações
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SER	Society for Ecological Restoration
SF1	Afluentes do Alto São Francisco
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UEG	Unidade Estratégica de Gestão
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
URGA	Unidade Regional de Gestão das Águas
USGBC	U.S. Green Building Council
WCCD	World Council on City Data
XLSX	Formato de arquivo de planilha do Microsoft Excel

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figura 1** Mapas que apresentam a delimitação da Bacias do Rio São Francisco e SF1. 62
- Figura 2** Fluxograma da metodologia aplicada. 64
- Figura 3** Total de outorgas vigentes em MG, período de 2000 a 2022. 65

ARTIGO 2

- Figura 1** *Conjuntos de restrições ao desenvolvimento do mercado ambiental.* 81
- Figura 2** *Projetos de PSA fomentados pela ANA, vigentes em 2024.* 84
- Figura 3** *Percentual de Projetos de PSA (ANA) na Bacia Hidrográfica.* 86
- Figura 4** *Mudas produzidas na Estação Ecológica Estadual Corumbá.* 88
- Figura 5** *Espécies do Viveiro de Mudas Nordeste LTDA, em 2024.* 89

ARTIGO 3

- Figura 1** *Mapa com o resultado do ICSA por município da UPGRH – SF1, 2026.* 113

ARTIGO 4

- Figura 1** *Identidade visual do Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental.* 158

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1 *Total de outorgas e cadastros vigentes em MG, período de 2018 a 2022.* 66

Tabela 2 *Análise dados de outorgas vigentes em MG, período de 2018 a 2022.*..... 66

Tabela 3 *Total de outorgas e cadastros vigentes em MG, por UGPRH, período de 2020 a 2022.* 67

Tabela 4 *Informações sobre a Bacia Hidrográfica SF1, período de 2018 a 2022.* 68

ARTIGO 2

Tabela 1 *Percentual por estado dos projetos de PSA (ANA).* 86

ARTIGO 3

Tabela 1 *Subindicadores, categorias e origem das informações do ICSA.* 108

Tabela 2 *Resultado dos subindicadores e ICSA por município da UPGRH SF1.*..... 110

ARTIGO 4

Tabela 1 *Sistema de certificação do Selo Carranca com base no ICSA.* 156

Tabela 2 *Parâmetros de dimensionamento e uso institucional do Selo Carranca.*..... 157

Tabela 3 *Classificação dos municípios da UPGRH SF1 segundo o Selo Carranca.*..... 160

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	16
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problema de pesquisa e hipótese.....	19
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo geral	20
1.2.2 Objetivos específicos	20
1.3 Estrutura da tese	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão	23
2.2 Governança da água, comitês de bacia e participação social.....	25
2.3 Segurança hídrica, mudanças climáticas, uso do solo e conflitos	27
2.4 Instrumentos de gestão e regularização dos usos da água	28
2.5 Gestão municipal, saneamento, monitoramento e informação hídrica.....	30
2.6 Conservação, restauração, serviços ecossistêmicos e Pagamento por Serviços Ambientais	31
2.7 Indicadores de sustentabilidade e índices compostos	33
2.8 Certificação ambiental, avaliação de conformidade e indução institucional.....	34
2.9 Síntese conceitual: do diagnóstico territorial ao ICSA e ao Selo Carranca.....	36
3 PERCURSO METODOLÓGICO GERAL	38
3.1 Delineamento da pesquisa	38
3.2 Área de estudo e unidades de análise	39
3.3 Estrutura metodológica da tese	40
3.4 Fontes, obtenção e organização dos dados.....	41
3.5 Diagnóstico das outorgas e dos cadastros de usos considerados insignificantes ...	42
3.6 Análise dos projetos de Pagamento por Serviços Ambientais e restauração	43
3.7 Desenvolvimento e aplicação do ICSA	44
3.7.1 Estrutura dimensional e seleção dos subindicadores.....	44
3.7.2 Padronização e normalização	45
3.7.3 Agregação dos subindicadores e análise das estratégias de ponderação	46
3.7.4 Validação estatística.....	48
3.7.5 Análise geoespacial.....	48
3.8 Proposição de certificação: Selo Carranca	49
3.9 Integração metodológica dos estudos	51
3.10 Controle de qualidade, rastreabilidade e validação das informações	51
3.11 Aspectos éticos	52
3.12 Delimitações e limitações metodológicas.....	52
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	54
ARTIGO 1 - ANÁLISE DOS DADOS DE OUTORGA E CADASTROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES DO ALTO SÃO FRANCISCO – SF1, CONTIDOS NA IDE-SISEMA	55

ARTIGO 2 - PSA E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA PEQUENOS PRODUTORES RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA SF1	76
ARTIGO 3 - ÍNDICE COMPOSTO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL HÍDRICA (ICSA): AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MUNICIPAL NA UPGRH SF1	98
ARTIGO 4 - SELO CARRANCA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICO- AMBIENTAL: PROPOSTA DE CERTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO MUNICIPAL BASEADA NO ICSA DA UPGRH SF1.....	148
TERCEIRA PARTE	166
1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
1.1 Síntese integradora dos resultados	167
1.2 Avaliação da hipótese.....	171
1.3 Contribuições científicas e metodológicas.....	172
1.4 Contribuições institucionais e aplicadas	174
1.5 Limitações da tese	175
1.6 Recomendações e perspectivas futuras	177
REFERÊNCIAS	181

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A água constitui recurso essencial à manutenção dos ecossistemas, ao abastecimento humano e ao desenvolvimento das atividades econômicas. Sua disponibilidade em quantidade e qualidade adequadas, entretanto, não depende exclusivamente das condições naturais, mas também da capacidade institucional e social de planejar, regular, monitorar e controlar os diferentes usos. Nesse contexto, a governança da água compreende os processos políticos, institucionais, normativos e administrativos que orientam a tomada de decisão sobre o uso, a proteção e a conservação dos recursos hídricos, envolvendo coordenação entre atores, participação social, transparência, responsabilização, produção de informações e capacidade de implementação das políticas públicas (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015).

No Brasil, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e consolidou um modelo de gestão descentralizado, participativo e territorialmente organizado por bacias hidrográficas (Brasil, 1997). Entre seus instrumentos encontram-se os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações. A existência formal desses instrumentos, contudo, não assegura, isoladamente, a efetividade da política, sobretudo diante das desigualdades territoriais, das limitações institucionais e da qualidade variável das informações utilizadas no planejamento, na fiscalização e na tomada de decisão (OECD, 2015).

A efetividade da governança hídrica depende da articulação entre órgãos gestores, comitês de bacia, administrações municipais, usuários de recursos hídricos e organizações da sociedade civil. Depende, igualmente, da disponibilidade de informações consistentes, capacidade institucional, estruturas administrativas adequadas, mecanismos de monitoramento e acompanhamento das decisões, capazes de transformar diagnósticos técnicos em prioridades de atuação (Majeski; Trindade, 2023; OECD, 2015; Trimble *et al.*, 2022). A ausência ou a fragilidade desses elementos pode comprometer a capacidade de identificar pressões ambientais, distribuir recursos, acompanhar resultados e promover respostas coordenadas aos problemas relacionados à água.

Nesse sistema, a escala municipal assume importância estratégica, uma vez que diversas intervenções que afetam direta ou indiretamente os recursos hídricos são planejadas ou executadas no território dos municípios. O saneamento básico, a gestão de resíduos sólidos, o

ordenamento territorial, o controle de efluentes, a conservação do solo, a proteção de nascentes, a recuperação de áreas degradadas, a educação ambiental e a mobilização social influenciam o desempenho hídrico-ambiental. Entretanto, diferenças de capacidade institucional, administrativa e financeira, infraestrutura, planejamento, disponibilidade de informações e participação social podem produzir assimetrias entre municípios pertencentes a uma mesma unidade hidrográfica (Majeski; Trindade, 2023; Nicollier; Bernardes; Kiperstok, 2022; OECD, 2015).

A Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco — UPGRH SF1 — constitui território relevante para a análise dessas relações. Localizada em Minas Gerais, a unidade abrange as nascentes e parte do alto curso do rio São Francisco e reúne 29 municípios com diferentes características territoriais, ambientais, demográficas, econômicas e institucionais. A importância hidrográfica da região convive com pressões relacionadas à erosão e ao assoreamento, à disposição de resíduos sólidos, ao lançamento de efluentes, à degradação de áreas rurais, à insuficiência de informações e às diferentes capacidades municipais de implementar políticas de gestão ambiental e de recursos hídricos (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2021).

A compreensão dessa realidade requer a análise dos instrumentos utilizados para regularizar e controlar os usos da água. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos constitui mecanismo central de gestão, pois permite ao poder público conhecer, autorizar e estabelecer condições para usos que alterem a quantidade, a qualidade ou o regime dos corpos de água (Brasil, 1997). Paralelamente, os usos considerados insignificantes são submetidos a procedimento simplificado de cadastro, conforme regulamentação estadual aplicável. Embora a simplificação contribua para ampliar a regularização, a dependência de informações autodeclaradas pode produzir inconsistências e limitar a confiabilidade das bases utilizadas pelos órgãos gestores (Santos; Borges; Silva, 2025a). O primeiro eixo desta tese decorreu, portanto, da necessidade de investigar os dados de outorgas e cadastros de usos considerados insignificantes na UPGRH SF1.

Além da regularização dos usos, a sustentabilidade hídrico-ambiental depende da conservação dos ecossistemas responsáveis pela provisão de serviços ambientais. A degradação do solo, da vegetação e das áreas de recarga compromete a infiltração, a qualidade da água, a estabilidade dos cursos de água e a conservação da biodiversidade. A restauração de áreas degradadas constitui, nesse sentido, estratégia relevante para recuperar funções ecológicas e ampliar a resiliência dos territórios (Gann *et al.*, 2019).

Entre os instrumentos econômicos voltados à conservação, destaca-se o Pagamento por Serviços Ambientais — PSA —, por meio do qual provedores são incentivados ou remunerados pela manutenção, recuperação ou melhoria de serviços ecossistêmicos. No meio rural, a efetividade dessas iniciativas depende não apenas do financiamento, mas também da adesão voluntária, da assistência técnica, da continuidade dos programas e da participação dos produtores e das comunidades locais. O envolvimento social torna-se particularmente relevante porque as ações de conservação e restauração demandam manutenção e acompanhamento ao longo do tempo (Jardim; Bursztyn, 2015; Wunder, 2005). O segundo eixo da tese examinou os projetos de PSA relacionados à restauração de áreas degradadas na UPGRH SF1, com ênfase na participação dos pequenos produtores rurais.

A literatura demonstra que a sustentabilidade hídrico-ambiental possui caráter multidimensional, não podendo ser adequadamente explicada por uma variável isolada. Sua avaliação envolve a integração de aspectos ambientais, institucionais, operacionais e sociais, incluindo governança, planejamento, saneamento, conservação, monitoramento, produção de informações e participação social (Nicollier; Bernardes; Kiperstok, 2022; OECD, 2015; Silva *et al.*, 2020; Varady *et al.*, 2016;). Avaliações restritas a componentes setoriais dificultam a compreensão integrada do território e limitam a comparação entre municípios. Essa multidimensionalidade justifica a utilização de indicadores compostos capazes de integrar variáveis de diferentes naturezas em uma estrutura analítica comum (Nardo *et al.*, 2005; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008).

Os indicadores compostos constituem instrumentos adequados para sintetizar fenômenos complexos, pois possibilitam normalizar, agregar e comparar variáveis de diferentes naturezas em uma estrutura analítica comum. Sua construção, entretanto, exige coerência conceitual, seleção criteriosa das variáveis, disponibilidade de dados comparáveis, transparência metodológica e interpretação cuidadosa dos resultados (Nardo *et al.*, 2005). No campo da gestão hídrica municipal, a integração dessas dimensões em uma estrutura analítica comum mostra-se compatível com a natureza multidimensional da sustentabilidade hídrica e com os fundamentos metodológicos aplicáveis à construção de indicadores compostos (Nardo *et al.*, 2005; OECD, 2008; Silva *et al.*, 2020). Como resposta a essa necessidade analítica, o terceiro eixo da tese compreendeu o desenvolvimento do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica — ICSA.

Entretanto, a produção de diagnósticos e indicadores constitui condição importante para subsidiar a gestão, mas sua utilização institucional depende também de mecanismos de comunicação, coordenação, transparência, responsabilização, validação e acompanhamento dos

resultados (Gerlak; Karambelkar; Ferguson, 2021; OECD, 2015). Nesse contexto, mecanismos de certificação podem contribuir para aproximar a avaliação técnica da comunicação pública e de processos de melhoria contínua, desde que baseados em critérios verificáveis, transparentes e institucionalmente definidos (International Organization for Standardization, 2012, 2015, 2022).

O quarto eixo da tese consistiu, assim, na proposição do Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental, concebido como sistema de certificação municipal baseado no ICSA. A proposta articula a pontuação do índice, critérios técnicos obrigatórios, validação das informações, identidade visual, governança institucional, auditoria, monitoramento e revalidação periódica. Seu propósito é transformar o diagnóstico técnico em instrumento de reconhecimento de boas práticas, orientação de prioridades, comunicação pública e estímulo à melhoria contínua da governança da água.

A presente tese adota como objeto de estudo a governança e a sustentabilidade hídrico-ambiental municipal na UPGRH SF1. Esse objeto é examinado por meio de uma trajetória que parte de diagnósticos sobre instrumentos de regularização e conservação, avança para a construção de uma avaliação multidimensional e culmina na proposição de um sistema de certificação. Os quatro estudos são, portanto, complementares e formam uma sequência lógica: diagnóstico da regularização dos usos da água; análise dos instrumentos de conservação e mobilização social; desenvolvimento da métrica integrada; e conversão do diagnóstico em mecanismo institucional de reconhecimento e indução.

1.1 Problema de pesquisa e hipótese

A análise conjunta dos instrumentos de gestão evidencia uma lacuna entre a produção de dados setoriais e sua utilização integrada no planejamento hídrico-ambiental. Informações sobre outorgas, cadastros, saneamento, conservação, restauração, monitoramento e participação social são produzidas por diferentes instituições, com metodologias, escalas e níveis de confiabilidade distintos. Quando examinadas isoladamente, essas informações oferecem compreensão parcial do desempenho municipal e dificultam a definição de prioridades comuns no âmbito da unidade hidrográfica.

Além disso, mesmo quando os dados são sintetizados em indicadores, permanece o desafio de transformar os resultados técnicos em mecanismos institucionais capazes de comunicar o desempenho, reconhecer boas práticas e estimular o aprimoramento da gestão. A questão central que orienta esta tese é, portanto:

Como integrar diagnósticos sobre regularização dos usos da água, conservação ambiental, saneamento, capacidade institucional, informação e participação social em um modelo capaz de avaliar comparativamente a sustentabilidade hídrico-ambiental dos municípios da UPGRH SF1 e converter seus resultados em instrumento de reconhecimento, planejamento e indução de melhoria contínua da governança hídrica?

Parte-se da hipótese de que a integração de dados oficiais e de variáveis institucionais, ambientais, operacionais, informacionais e sociais em um índice composto permite identificar, comparar e espacializar assimetrias de sustentabilidade hídrico-ambiental entre os municípios da UPGRH SF1. Considera-se, adicionalmente, que a vinculação desse índice a um sistema de certificação municipal possui potencial para ampliar a utilidade institucional do diagnóstico, favorecer a transparência, orientar a priorização de ações e estimular processos de melhoria contínua da governança da água.

A primeira parte da hipótese é examinada empiricamente por meio da construção e da aplicação do ICSA. A segunda possui caráter aplicado e propositivo, uma vez que a certificação, Selo Carranca, foi estruturada como modelo institucional, mas sua capacidade efetiva de produzir mudanças dependerá de implantação, monitoramento e avaliação em ciclos futuros. Essa distinção evita atribuir à certificação impactos concretos ainda não verificados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a governança e a sustentabilidade hídrico-ambiental na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco, mediante o diagnóstico dos instrumentos de regularização e conservação, o desenvolvimento e a aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica e a proposição de certificação por meio do Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental, como sistema de certificação do desempenho municipal.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) analisar os dados de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos e de cadastros de usos considerados insignificantes na UPGRH SF1, identificando tendências, inconsistências e limitações informacionais;

- b) examinar os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais relacionados à restauração de áreas degradadas, com ênfase na participação dos pequenos produtores rurais e na mobilização social;
- c) desenvolver o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica, integrando variáveis institucionais, ambientais, operacionais, informacionais e sociais;
- d) aplicar o ICSA aos 29 municípios da UPGRH SF1, obtendo escores por dimensão e um índice final comparável;
- e) analisar a distribuição territorial dos resultados, identificando padrões, assimetrias, potencialidades e fragilidades na sustentabilidade hídrico-ambiental municipal;
- f) avaliar a aplicabilidade do ICSA como instrumento de apoio ao planejamento, à priorização de ações e ao monitoramento de políticas públicas;
- g) propor o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal baseado no ICSA, contemplando níveis de desempenho, critérios técnicos obrigatórios, validação das informações, identidade visual, governança institucional, auditoria, monitoramento e revalidação periódica;
- h) examinar o potencial de replicação do modelo para outras unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos, observadas as adaptações territoriais, institucionais e informacionais necessárias.

1.3 Estrutura da tese

Além desta introdução geral, a tese encontra-se organizada em quatro artigos inter-relacionados. O primeiro analisa os dados de outorgas e cadastros de usos considerados insignificantes na Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco, com ênfase na evolução dos registros, na qualidade das informações autodeclaradas e na necessidade de aperfeiçoamento dos mecanismos de auditoria e monitoramento.

O segundo artigo examina os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais relacionados à restauração de áreas degradadas, abordando os desafios e as perspectivas para os pequenos produtores rurais e a importância da mobilização social para a continuidade das ações de conservação.

O terceiro artigo apresenta o desenvolvimento e a aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica aos 29 municípios da UPGRH SF1. O estudo integra 14 subindicadores em cinco dimensões e analisa comparativamente o desempenho municipal por meio de procedimentos estatísticos e geoespaciais.

O quarto artigo propõe o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal baseado no ICSA. A proposta estabelece níveis de desempenho, requisitos técnicos, modelo de governança, procedimentos de validação, auditoria, monitoramento e revalidação, além de possibilidades futuras de adaptação para outras unidades hidrográficas e modalidades de aplicação.

Ao final, as considerações finais integram os resultados dos quatro estudos, examinam suas contribuições teóricas, metodológicas e aplicadas e apresentam a avaliação da hipótese, as limitações da pesquisa e as recomendações para implementação, validação e aperfeiçoamento futuro dos instrumentos propostos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A análise da governança e da sustentabilidade hídrico-ambiental exige abordagem teórica capaz de articular as dimensões territoriais, institucionais, ambientais, informacionais e sociais relacionadas à gestão da água. A disponibilidade hídrica não decorre exclusivamente das características naturais de determinada região, mas também da capacidade dos atores públicos, privados e sociais de planejar os usos, produzir informações confiáveis, administrar conflitos, conservar os ecossistemas e implementar instrumentos adequados às particularidades territoriais.

O referencial teórico desta tese sustenta uma trajetória investigativa composta por quatro movimentos complementares. O primeiro examina os instrumentos de regularização dos usos da água, especialmente as outorgas e os cadastros de usos considerados insignificantes. O segundo aborda a conservação e a restauração ambiental por meio do Pagamento por Serviços Ambientais — PSA. O terceiro fundamenta a avaliação integrada do desempenho municipal mediante o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica — ICSA. O quarto discute a transformação do diagnóstico técnico em sistema de certificação, reconhecimento institucional e indução de melhorias por meio do Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental.

2.1 Bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão

As sociedades historicamente estabeleceram seus assentamentos próximos aos cursos de água em razão das necessidades de abastecimento, produção de alimentos, transporte e desenvolvimento econômico. A intensificação da urbanização, da agricultura irrigada, das atividades industriais e das alterações no uso e na cobertura do solo ampliou, contudo, as pressões sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, tornando insuficientes as abordagens fragmentadas, baseadas exclusivamente em limites político-administrativos ou em intervenções setoriais.

A bacia hidrográfica permite compreender de maneira integrada as relações entre precipitação, infiltração, escoamento superficial, recarga dos aquíferos, uso do solo, cobertura vegetal, captação de água, lançamento de efluentes e conservação dos ecossistemas. Por essa razão, constitui unidade territorial adequada para o planejamento dos recursos hídricos e para a análise dos impactos cumulativos decorrentes das atividades desenvolvidas a montante e a jusante.

No Brasil, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institucionalizou a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O modelo fundamenta-se na descentralização, na participação social e no reconhecimento dos usos múltiplos da água, buscando substituir formas centralizadas de decisão por processos territorialmente referenciados (Brasil, 1997).

A adoção da bacia como unidade de gestão não elimina os desafios decorrentes da sobreposição entre os limites hidrográficos e político-administrativos. Uma única bacia pode compreender diferentes municípios, estados e regiões, com capacidades institucionais, interesses econômicos e condições socioambientais distintas. A gestão territorial exige, portanto, instrumentos que articulem as escalas municipal, estadual, regional e federal, bem como os atores públicos, privados e comunitários.

Aquino *et al.* (2020) demonstram que o zoneamento do potencial de uso conservacionista em escala de bacia pode identificar conflitos entre a capacidade natural do território e os usos efetivamente implantados. Esse tipo de instrumento auxilia a definição de áreas prioritárias para conservação, recuperação, agricultura sustentável e controle da erosão. Araújo Costa *et al.* (2019) também evidenciam que usos incompatíveis com a capacidade natural das terras podem ampliar a erosão, a perda de fertilidade e outros conflitos ambientais.

Moura *et al.* (2024) relacionam o potencial de uso conservacionista aos serviços ecossistêmicos, demonstrando sua aplicabilidade à avaliação da recarga hídrica, da resistência à erosão e da aptidão para a agricultura sustentável. Essa perspectiva indica que o planejamento de uma bacia deve integrar capacidade do solo, cobertura vegetal, uso da terra e funções ecossistêmicas, evitando decisões fundamentadas exclusivamente na produtividade econômica imediata.

As mudanças no uso e na cobertura da terra também podem ser avaliadas por ferramentas geoespaciais e modelos hidrológicos. Veiga, Guandique e Nardocci (2019) relacionaram a ausência de cobertura vegetal e a predominância de solo exposto ao aumento do escoamento superficial e à alteração da qualidade da água. Siqueira *et al.* (2022), ao simularem cenários de uso do solo na Bacia do Rio Sapucaí, demonstraram que mudanças na cobertura florestal repercutem no comportamento das vazões e no balanço hidrológico.

A gestão por bacia hidrográfica deve, assim, ser compreendida como processo territorial permanente, e não apenas como delimitação cartográfica ou administrativa. Seu funcionamento depende da atualização dos diagnósticos, da criação de instrumentos de apoio à decisão, da

integração das políticas públicas e da capacidade de transformar informações técnicas em prioridades compartilhadas pelos diferentes atores.

2.2 Governança da água, comitês de bacia e participação social

A gestão dos recursos hídricos compreende a aplicação dos instrumentos, procedimentos e ações destinados ao planejamento, à regulação e ao controle dos usos da água. A governança da água possui alcance mais amplo, abrangendo os processos políticos, institucionais e administrativos pelos quais as decisões são formuladas, implementadas, fiscalizadas e avaliadas. Envolve a distribuição de responsabilidades, a coordenação entre atores, a participação social, a transparência, a responsabilização e a capacidade institucional de produzir resultados (OECD, 2015).

A institucionalização da gestão descentralizada representou avanço relevante no sistema brasileiro. Entretanto, a existência formal de conselhos, comitês, planos e instrumentos normativos não assegura, isoladamente, governança efetiva. Campos e Fracalanza (2010) identificam a permanência de obstáculos associados ao modelo anterior de gestão, à fragmentação institucional e à dificuldade de integração entre as políticas hídrica e ambiental. Essas limitações podem produzir distanciamento entre as deliberações formais e sua aplicação concreta no território.

Os comitês de bacia hidrográfica constituem espaços estratégicos de articulação entre o poder público, os usuários de recursos hídricos e a sociedade civil. Sua atuação permite discutir planos, prioridades, conflitos, enquadramento dos corpos de água e mecanismos de financiamento. Todavia, a efetividade desses colegiados depende da representatividade, da regularidade das atividades, da capacitação dos membros, do acesso às informações, da disponibilidade financeira e da capacidade de acompanhar a implementação das decisões.

Na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Siegmund-Schultze *et al.* (2015) identificaram dificuldades relacionadas à dimensão territorial da bacia, à diversidade de interesses e às relações entre diferentes níveis de governo. A participação formal não eliminou tensões sobre alocação, responsabilidades e compartilhamento de poder, demonstrando que a governança participativa exige aprendizagem institucional, construção de confiança e definição de objetivos comuns.

As assimetrias de poder também podem comprometer a legitimidade das decisões. Borges *et al.* (2023), ao analisarem a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, identificaram desequilíbrios na participação democrática e influência predominante de determinados setores

econômicos. Martins (2023), por sua vez, relaciona os conflitos hídricos em áreas rurais às desigualdades ambientais e às diferenças de acesso à água. Esses estudos demonstram que a mera presença de diferentes segmentos nos colegiados não garante distribuição equitativa de influência.

As lacunas internas dos comitês alcançam igualmente aspectos administrativos e operacionais. Majeski e Trindade (2023) identificaram fragilidades relacionadas à informação, à capacitação, ao financiamento, à responsabilidade institucional e à clareza de finalidade. Trimble *et al.* (2022) acrescentam que a governança adaptativa pode ser limitada pela instabilidade institucional, pela centralização e pela ausência de liderança, especialmente em situações de crise.

A participação social deve ser acompanhada de mecanismos que favoreçam aprendizagem, acesso à informação e influência efetiva sobre as decisões. Lim *et al.* (2022) reconhecem a importância do envolvimento das partes interessadas na gestão integrada das bacias, mas apontam a ausência de estruturas suficientemente claras para garantir participação eficaz. Paul, Thompson e Farrelly (2024) demonstram que organizações da sociedade civil podem contribuir para a governança da segurança hídrica mesmo quando não existem mecanismos formais adequados, embora enfrentem dificuldades de monitoramento, avaliação e acesso às instâncias decisórias.

Cotler *et al.* (2022) destacam a atuação das organizações da sociedade civil na criação de espaços de diálogo, na construção de confiança entre usuários situados a montante e a jusante e na ampliação da transparência das decisões. A cooperação entre instituições governamentais e organizações sociais pode, assim, fortalecer a governança multinível e reduzir a fragmentação entre os interesses urbanos, rurais e ambientais.

A inclusão também deve considerar desigualdades de gênero, geração e posição socioeconômica. Sehring, Ter Horst e Said (2023) demonstram que a participação limitada das mulheres nos espaços decisórios relacionados à água não decorre apenas de diferenças numéricas, mas também de normas profissionais, culturais e institucionais. A governança democrática pressupõe não apenas representação formal, mas condições efetivas para participação, expressão e influência dos diferentes grupos sociais.

A governança adaptativa acrescenta a necessidade de aprendizagem, flexibilidade e capacidade de revisão das decisões. Varady *et al.* (2016) relacionam a gestão adaptativa à segurança hídrica, enfatizando que as decisões devem ser monitoradas e ajustadas diante de mudanças ambientais, sociais e institucionais. Nessa perspectiva, os comitês de bacia não atuam

somente como espaços deliberativos, mas como estruturas de aprendizagem e coordenação territorial.

2.3 Segurança hídrica, mudanças climáticas, uso do solo e conflitos

A segurança hídrica compreende a capacidade de assegurar água em quantidade e qualidade adequadas para o abastecimento humano, as atividades econômicas e a manutenção dos ecossistemas, reduzindo simultaneamente os riscos associados a secas, inundações, poluição e degradação ambiental. Trata-se de conceito multidimensional, vinculado tanto à disponibilidade natural quanto à capacidade institucional de prevenir, adaptar-se e responder às pressões sobre os recursos hídricos (Varady *et al.*, 2016).

As mudanças climáticas ampliam a incerteza sobre o comportamento dos sistemas hidrológicos. Alterações nos regimes de precipitação e temperatura podem modificar a ocorrência de secas, enchentes, vazões mínimas e eventos extremos. Costa *et al.* (2021b) demonstram que a propagação das secas meteorológicas para condições hidrológicas depende das características ambientais e da forma como os déficits de precipitação afetam o solo, os cursos de água e os aquíferos.

A variabilidade climática também altera as séries temporais empregadas no planejamento. Lee e Ouarda (2023) destacam que tendências, mudanças de regime e oscilações devem ser identificadas e modeladas para que as estratégias futuras de gestão não sejam fundamentadas exclusivamente na hipótese de estabilidade das condições históricas. A segurança hídrica exige sistemas de monitoramento capazes de reconhecer transformações progressivas e eventos adversos.

No Cerrado, essas relações assumem importância especial. O bioma contribui para a formação e a manutenção das vazões de diferentes regiões hidrográficas brasileiras, ao mesmo tempo em que concentra atividades agropecuárias e expansão da agricultura irrigada. Cambraia Neto e Rodrigues (2020) destacam que a compreensão das taxas de recarga das águas subterrâneas é fundamental para avaliar a sustentabilidade dos usos nesse território.

A segurança hídrica também depende da integridade ecológica das bacias. Rosa, Morais e Saito (2021), ao analisarem a revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, identificaram a conservação e a restauração ambiental como medidas centrais para seu fortalecimento. Essa perspectiva reconhece que o atendimento às demandas humanas deve ser compatibilizado com a manutenção dos ecossistemas responsáveis pela regulação dos fluxos e da qualidade da água.

A disputa entre abastecimento, irrigação, geração de energia, navegação, indústria e conservação intensifica os conflitos de alocação. Pusłowska-Tyszevska (2021) argumenta que os ecossistemas aquáticos e dependentes da água devem ser considerados nos balanços hídricos com relevância equivalente à dos demais usuários. A exclusão das necessidades ecológicas pode produzir alocações aparentemente eficientes no curto prazo, mas ambientalmente insustentáveis.

Os conflitos não são solucionados apenas por critérios técnicos. Silva, Morais e Urtiga (2022) propõem processo de negociação estruturado em fases de preparação, negociação e formalização, combinando participação comunitária e modelos de apoio à decisão. Schramm, Gomes Júnior e Schramm (2022) reforçam a necessidade de processos facilitados, transparentes e participativos, destinados à construção de uma compreensão comum sobre o problema e as alternativas disponíveis.

A segurança hídrica depende, portanto, da articulação entre disponibilidade, demanda, qualidade da água, conservação ambiental, capacidade institucional e mecanismos de resolução de conflitos. A incorporação desses fatores ao planejamento permite superar análises centradas exclusivamente na infraestrutura de oferta e ampliar a capacidade de adaptação diante de condições ambientais variáveis.

2.4 Instrumentos de gestão e regularização dos usos da água

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece instrumentos destinados a transformar seus princípios em ações de planejamento, regulação e controle. Entre eles encontram-se os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água, a outorga dos direitos de uso, a cobrança pelo uso e o sistema de informações sobre recursos hídricos (Brasil, 1997).

Os planos de recursos hídricos estabelecem diagnósticos, metas, programas e prioridades para determinado território. O enquadramento define classes de qualidade compatíveis com os usos pretendidos. A outorga disciplina os usos que alteram a quantidade, a qualidade ou o regime dos corpos hídricos. A cobrança atribui valor econômico à utilização da água e pode gerar recursos para ações na bacia. Os sistemas de informações fornecem suporte técnico aos demais instrumentos.

A outorga constitui mecanismo central para o conhecimento e o controle das demandas. Sua efetividade depende da identificação dos usuários, da estimativa adequada das vazões e volumes, da compatibilidade entre disponibilidade e demanda e da fiscalização das condições

autorizadas. Em Minas Gerais, os usos de menor expressão estão sujeitos a procedimentos simplificados de cadastro, definidos em função de critérios técnicos e territoriais.

A simplificação pode ampliar a regularização e reduzir os custos administrativos, mas aumenta a dependência de informações autodeclaradas. Quando os dados não são submetidos a verificações consistentes, podem ocorrer registros incompletos, inconsistências quantitativas e dificuldades de espacialização e monitoramento.

Santos, Borges e Silva (2025a) identificaram crescimento das outorgas e, principalmente, dos cadastros de usos considerados insignificantes na UPGRH SF1. O estudo apontou inconsistências nas informações autodeclaradas e destacou a necessidade de auditorias mais eficientes e de inclusão de variáveis mensuráveis nos formulários. Os resultados demonstram que a ampliação quantitativa da regularização não assegura, isoladamente, qualidade informacional suficiente para a gestão.

Os sistemas de outorga e cadastro devem ser compreendidos como componentes de uma estrutura mais ampla de governança da informação. A produção de dados confiáveis permite avaliar pressões, identificar concentrações de usos, confrontar demanda e disponibilidade e subsidiar ações de fiscalização. Por outro lado, bases fragmentadas ou sujeitas a alterações sem adequada rastreabilidade reduzem a capacidade de comparar períodos e acompanhar tendências.

A cobrança pelo uso da água também depende de desenho institucional compatível com os objetivos da política. Demajorovic, Caruso e Jacobi (2015) identificaram que valores reduzidos podem limitar a capacidade indutora da cobrança sobre o comportamento dos usuários industriais. Borrego-Marín, Expósito e Berbel (2020) demonstram, contudo, que alterações expressivas nos preços podem produzir impactos econômicos e distributivos relevantes. O instrumento deve conciliar sinalização econômica, viabilidade, equidade e capacidade de financiar intervenções prioritárias.

Menezes *et al.* (2022) também demonstram que os valores necessários para provocar redução efetiva do consumo podem ser substancialmente superiores às tarifas correntes, especialmente em contextos de competição entre irrigação e geração de energia. A cobrança não deve ser analisada apenas como fonte arrecadatória, mas como instrumento econômico cuja efetividade depende do preço, da resposta dos usuários e da destinação dos recursos arrecadados.

A integração entre outorga, cobrança, monitoramento e sistemas de informação é indispensável para reduzir assimetrias e orientar a tomada de decisão. Nessa perspectiva, a regularização não constitui um fim em si mesma, mas parte de um ciclo que compreende

cadastramento, validação, fiscalização, atualização e avaliação dos efeitos dos usos sobre o sistema hídrico.

2.5 Gestão municipal, saneamento, monitoramento e informação hídrica

Embora os municípios não exerçam todas as competências formais do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, suas políticas afetam diretamente a quantidade e a qualidade da água. O planejamento urbano, o saneamento básico, a drenagem, a gestão de resíduos sólidos, o uso e a ocupação do solo, a proteção de nascentes, a conservação de estradas rurais e a educação ambiental são implementados predominantemente em escala local.

Nicollier, Bernardes e Kiperstok (2022) demonstram que a integração das políticas públicas municipais é indispensável para a gestão dos rios urbanos e para a segurança hídrica. A ausência de participação municipal efetiva pode gerar desconexão entre o sistema formal de recursos hídricos e as decisões que alteram concretamente o território.

O saneamento constitui uma das principais interfaces entre a administração municipal e a qualidade da água. Costa *et al.* (2021a), ao analisarem a Bacia do Rio Piabanha, identificaram o lançamento de cargas orgânicas como desafio prioritário, especialmente em áreas urbanizadas próximas às nascentes e durante períodos de baixa vazão. A melhoria da qualidade hídrica exige metas progressivas, ações territorialmente priorizadas e coordenação entre municípios, comitês e órgãos de controle.

A redução das vazões pode diminuir a capacidade de diluição e autodepuração dos corpos de água. Galinaro *et al.* (2022) demonstraram que períodos de seca intensificam os riscos relacionados à presença de contaminantes nas águas superficiais. O saneamento e o controle da poluição devem, por conseguinte, ser planejados em conjunto com os cenários de disponibilidade hídrica e variabilidade climática.

O monitoramento permite identificar tendências, avaliar o cumprimento das metas e antecipar riscos. Fraga *et al.* (2021) apontam a importância das análises temporais e espaciais da qualidade da água, enquanto Fraga *et al.* (2019) propõem metodologia multicritério para apoiar a distribuição de estações de monitoramento. Essas abordagens demonstram que não basta coletar dados: é necessário definir localização, frequência, parâmetros e procedimentos capazes de produzir informações representativas do território.

Os sistemas de apoio à decisão ampliam a capacidade de integrar informações provenientes de diferentes fontes. Espíndola e Silva (2023) destacam a importância do compartilhamento de dados na governança transfronteiriça da Bacia do Prata. Gerlak,

Karambelkar e Ferguson (2021), entretanto, alertam que o desenho institucional pode limitar a legitimidade dos conhecimentos considerados e produzir fragmentação entre programas.

A governança da informação requer disponibilidade, padronização, transparência, atualização e rastreabilidade. A existência de bases oficiais não assegura sua utilização adequada quando os dados apresentam lacunas, alterações metodológicas ou incompatibilidades entre períodos e escalas. A informação deve ser tratada como infraestrutura institucional da gestão hídrica, e não apenas como produto secundário dos procedimentos administrativos.

A escala municipal também se mostra adequada para a integração entre os dados de saneamento, resíduos sólidos, conservação ambiental, planejamento, educação ambiental e monitoramento. Entretanto, as diferenças de capacidade administrativa e financeira produzem assimetrias entre municípios pertencentes a uma mesma unidade hidrográfica. A comparação territorial requer, portanto, critérios comuns e bases de dados suficientemente consistentes para apoiar o planejamento e a avaliação do desempenho.

2.6 Conservação, restauração, serviços ecossistêmicos e Pagamento por Serviços Ambientais

A conservação dos recursos hídricos depende da manutenção dos processos ecológicos relacionados à infiltração, ao armazenamento, à regulação das vazões, ao controle da erosão e à qualidade da água. A degradação da vegetação, do solo e das áreas de recarga compromete esses processos, ampliando o escoamento superficial, o assoreamento e a vulnerabilidade dos sistemas produtivos e urbanos.

A restauração ecológica busca recuperar atributos, funções e processos de ecossistemas degradados. Sua implementação deve considerar as condições ambientais do local, os objetivos pretendidos, a disponibilidade de recursos e o compromisso de manutenção no longo prazo. Gann *et al.* (2019) destacam que a restauração constitui processo planejado e continuado, cuja efetividade depende de diagnóstico, definição de referências, participação dos atores, monitoramento e manejo adaptativo.

As soluções baseadas na natureza ampliam a integração entre conservação e adaptação climática. Nelson *et al.* (2020) destacam que essas soluções exigem transformação na relação entre sociedade e ambiente, políticas públicas de apoio e participação comunitária. Niemeyer e Vale (2022) associam a adaptação baseada em ecossistemas ao fortalecimento da agricultura sustentável, das capacidades locais, das tecnologias sociais e das áreas protegidas.

Os serviços ecossistêmicos correspondem aos benefícios diretos e indiretos fornecidos pelos ecossistemas à sociedade, abrangendo serviços de provisão, regulação, suporte e natureza cultural. No contexto hídrico, incluem a regulação das vazões, a redução do transporte de sedimentos, a melhoria da qualidade da água, a recarga dos aquíferos e a conservação da biodiversidade.

Ashrafi *et al.* (2022) demonstram que a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas depende da avaliação integrada de diferentes cenários de gestão e mudanças climáticas. Lopes *et al.* (2023), por sua vez, evidenciam que os serviços relacionados à regulação das vazões e à manutenção da qualidade da água possuem valor econômico e podem subsidiar decisões sobre conservação e uso do solo.

O Pagamento por Serviços Ambientais constitui instrumento econômico voltado ao reconhecimento e ao incentivo daqueles que conservam, recuperam ou melhoram esses serviços. A lógica do PSA busca aproximar os beneficiários dos serviços ambientais dos proprietários ou produtores responsáveis pelas áreas em que as intervenções são realizadas. Sua efetividade depende da definição de critérios, adicionalidade, permanência, monitoramento e confiança entre os participantes.

Os produtores rurais ocupam posição central nesse processo, pois parte expressiva das ações de conservação ocorre em propriedades privadas. Jardim e Bursztyn (2015) destacam que o provedor ambiental deve ser considerado elemento essencial do processo, participando desde a decisão voluntária de ingresso até o acompanhamento e a manutenção das intervenções. A exclusão dos produtores dos processos decisórios pode reduzir a adesão e comprometer a continuidade das ações.

Brownson e Fowler (2020) apontam que a capacidade financeira, técnica e institucional, bem como a formação de coalizões entre as partes interessadas, são determinantes para o monitoramento, a avaliação e a gestão adaptativa dos programas. Assim, a existência formal de PSA não assegura resultados ambientais quando não há acompanhamento das áreas, continuidade financeira ou mobilização social.

Na UPGRH SF1, os projetos de PSA demonstram a relevância da articulação entre restauração ambiental, pequenos produtores rurais e participação comunitária. Santos, Borges e Silva (2025b) identificaram relação entre mobilização social e resultados dos projetos, ressaltando que a conservação depende da convergência entre interesses públicos, privados e comunitários.

Os programas de PSA devem ser compreendidos como parte de uma política territorial mais ampla. Sua eficácia depende da vinculação com os planos de recursos hídricos, os

instrumentos de regularização ambiental, a assistência técnica, o monitoramento e os mecanismos de financiamento. Dessa forma, o PSA pode contribuir não apenas para a recuperação pontual de áreas, mas também para a ampliação da capacidade de cooperação e de governança no território da bacia.

2.7 Indicadores de sustentabilidade e índices compostos

Os sistemas socioambientais são complexos, multidimensionais e sujeitos a transformações temporais e territoriais. Sua avaliação exige instrumentos capazes de representar aspectos essenciais sem reduzir indevidamente a diversidade dos fenômenos observados. Indicadores são medidas destinadas a expressar determinada condição, tendência ou desempenho, enquanto índices compostos agregam diferentes indicadores em uma métrica sintética.

Silva *et al.* (2020) destacam que a avaliação da sustentabilidade hídrica depende da representação de diferentes dimensões dos sistemas socioambientais por meio de indicadores e sistemas de indicadores. Essas ferramentas podem apoiar o planejamento, a comparação entre territórios, a comunicação dos resultados e o acompanhamento das políticas públicas.

A construção de índices compostos requer fundamentação conceitual, seleção de variáveis, análise da qualidade dos dados, normalização, ponderação, agregação e avaliação da sensibilidade dos resultados. Nardo *et al.* (2005) e OECD (2008) ressaltam que cada escolha metodológica influencia o resultado final. A transparência das etapas é indispensável para evitar que o índice transmita aparência de objetividade sem adequada sustentação teórica e empírica.

A definição conceitual antecede a seleção das variáveis e determina quais dimensões do fenômeno serão representadas. A escolha dos indicadores deve considerar pertinência teórica, disponibilidade, periodicidade, comparabilidade territorial, confiabilidade e possibilidade de atualização. A inclusão de variáveis pouco relacionadas ao fenômeno ou de dados inconsistentes pode comprometer a interpretação do índice.

A normalização permite converter variáveis originalmente expressas em diferentes unidades para uma escala comum. A ponderação estabelece a importância relativa dos componentes, enquanto a agregação produz os escores dimensionais e o índice final. A utilização de pesos iguais pode ser adequada quando não existem evidências robustas para diferenciar a importância das dimensões, mas essa decisão deve ser explicitada e submetida a avaliações de sensibilidade.

A interpretação de um índice composto não deve limitar-se à classificação geral. O resultado sintético precisa ser examinado em conjunto com as dimensões e os indicadores que o compõem, evitando que desempenhos elevados em determinados componentes ocultem fragilidades críticas em outros. A possibilidade de desagregação é, portanto, requisito importante para a utilização do índice no planejamento.

A análise geoespacial complementa a interpretação estatística ao demonstrar como o desempenho se distribui no território. Os mapas possibilitam identificar agrupamentos, desigualdades regionais e proximidade entre áreas críticas, contribuindo para a definição de prioridades e para a compreensão de processos que não são evidentes em tabelas ou classificações isoladas.

No âmbito desta tese, esses fundamentos orientaram o desenvolvimento do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica. O ICSA reúne 14 subindicadores distribuídos em cinco dimensões: gestão institucional e governança; saneamento e controle da poluição; conservação ambiental e recuperação; informação e monitoramento hídrico; e educação e mobilização ambiental.

A aplicação do índice aos 29 municípios da UPGRH SF1 possibilitou organizar informações originalmente dispersas em uma estrutura comum de avaliação, preservando a possibilidade de análise por dimensão e subindicador. O índice foi concebido como instrumento de apoio à identificação de assimetrias, ao estabelecimento de prioridades e ao acompanhamento do desempenho hídrico-ambiental municipal (Santos; Borges, 2026a).

O ICSA não substitui avaliações técnicas setoriais detalhadas. Sua função consiste em integrar variáveis de diferentes naturezas e oferecer uma leitura territorial sintética, comparável e desagregável. Seu valor analítico depende, portanto, da qualidade das fontes, da atualização periódica e da interpretação conjunta do escore final e de seus componentes.

2.8 Certificação ambiental, avaliação de conformidade e indução institucional

A produção de diagnósticos e indicadores não garante sua incorporação às práticas institucionais. Resultados técnicos podem permanecer restritos a documentos administrativos ou acadêmicos quando não existem mecanismos de comunicação, reconhecimento, responsabilização e acompanhamento. A certificação ambiental constitui uma possibilidade de aproximar avaliação técnica, visibilidade pública e melhoria contínua.

A certificação deve ser diferenciada da rotulagem, da declaração ambiental e do reconhecimento institucional. A certificação pressupõe critérios previamente definidos,

procedimento de avaliação, verificação das evidências e decisão formal sobre o atendimento aos requisitos. A rotulagem comunica atributos ambientais por meio de sinais ou símbolos, enquanto a declaração apresenta informações fornecidas pelo próprio interessado ou por terceiros.

A ISO 14020 estabelece princípios gerais aplicáveis às declarações e aos programas ambientais, ressaltando requisitos como precisão, verificabilidade, relevância e transparência (ISO, 2022). Embora a norma se concentre em declarações e programas ambientais relacionados a produtos, seus princípios oferecem referência para a construção de sistemas de reconhecimento que pretendam comunicar desempenho ambiental de forma tecnicamente fundamentada.

A avaliação de conformidade exige clareza quanto às responsabilidades das instâncias envolvidas. A ISO/IEC 17065 estabelece requisitos aplicáveis aos organismos que certificam produtos, processos e serviços, enquanto a ISO/IEC 17021-1 trata dos organismos responsáveis pela auditoria e certificação de sistemas de gestão (ISO, 2012, 2015). Essas referências demonstram que a credibilidade de um sistema depende não apenas da existência de critérios, mas também da competência dos avaliadores, da imparcialidade das decisões e da rastreabilidade dos procedimentos.

Os sistemas de certificação ambiental são mais consistentes quando possuem critérios objetivos, regras de concessão, prazo de validade, mecanismos de auditoria, transparência, instância recursal e procedimentos de renovação. A ausência desses componentes pode transformar o selo em instrumento predominantemente promocional, reduzindo sua credibilidade e seu potencial de induzir mudanças.

No campo dos recursos hídricos, as referências de *water stewardship* ampliam o foco da eficiência interna para a responsabilidade compartilhada sobre a bacia. O padrão da Alliance for Water Stewardship considera o uso do recurso, os impactos territoriais, os riscos compartilhados, a participação dos atores e a proteção dos ecossistemas (Alliance for Water Stewardship, 2019).

Os instrumentos de indução institucional podem operar por mecanismos distintos da imposição normativa. A comparabilidade entre municípios, a publicidade dos resultados, o reconhecimento das boas práticas e os incentivos reputacionais podem favorecer a adesão a políticas de saneamento, monitoramento, PSA, educação ambiental e conservação. Esses incentivos, contudo, devem ser acompanhados de critérios técnicos e validação documental para evitar classificações baseadas exclusivamente em autodeclarações.

Nesse contexto, o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental foi concebido como sistema municipal baseado nos resultados do ICSA. A proposta articula níveis progressivos de desempenho, requisitos técnicos mínimos, validação documental, auditoria informacional, governança institucional, monitoramento e revalidação periódica.

O vínculo com a carranca do rio São Francisco acrescenta dimensão territorial e cultural ao sistema. O símbolo associa proteção, vigilância e identidade regional, favorecendo a comunicação pública dos resultados. Essa dimensão simbólica, contudo, deve permanecer subordinada à integridade técnica do processo de avaliação e certificação.

A governança do selo pressupõe a definição de instâncias responsáveis pela normatização, pela análise técnica, pela decisão sobre a concessão e pela revisão das decisões. O comitê de bacia e o órgão estadual gestor dos recursos hídricos apresentam atribuições potencialmente complementares nesse arranjo, especialmente quanto à definição dos critérios, à validação das informações e à articulação com os municípios.

A certificação não deve ser compreendida como resultado definitivo, mas como parte de um ciclo de melhoria contínua. A concessão do selo precisa estar associada à validade temporal, ao acompanhamento do desempenho, à atualização das evidências e à possibilidade de progressão, manutenção, suspensão ou perda do reconhecimento.

2.9 Síntese conceitual: do diagnóstico territorial ao ICSA e ao Selo Carranca

A literatura analisada demonstra que a sustentabilidade hídrico-ambiental resulta da interação entre território, instituições, infraestrutura, informação, conservação e participação social. A bacia hidrográfica constitui a unidade territorial de referência, mas as condições que afetam os recursos hídricos são materializadas, em grande medida, por decisões e ações executadas nos municípios.

A governança hídrica enfrenta limitações relacionadas à fragmentação institucional, às assimetrias de poder, à qualidade das informações, à capacidade administrativa e à participação desigual dos atores. Paralelamente, as mudanças climáticas, as alterações no uso do solo, a expansão das demandas e a degradação dos ecossistemas ampliam os riscos e os conflitos associados à água.

Nesse contexto, os instrumentos regulatórios permitem conhecer e disciplinar os usos, mas dependem da qualidade e da atualização dos dados. Os instrumentos econômicos e ambientais, como o PSA, favorecem a conservação, mas necessitam de adesão social, financiamento, monitoramento e continuidade. Os indicadores compostos permitem integrar

diferentes dimensões, mas exigem mecanismos capazes de converter o diagnóstico em ação institucional.

A estrutura conceitual da tese organiza essas relações em quatro movimentos. O primeiro corresponde ao diagnóstico da regularização hídrica, por meio da análise das outorgas e dos cadastros de usos considerados insignificantes. O segundo abrange o diagnóstico das estratégias de conservação, com ênfase no PSA, na restauração de áreas degradadas e na participação dos pequenos produtores rurais. O terceiro promove a integração multidimensional desses e de outros fatores por meio do ICSA. O quarto converte a avaliação em instrumento de reconhecimento e indução institucional, materializado na proposta do Selo Carranca.

O ICSA e o Selo Carranca não constituem instrumentos isolados. O índice produz a base técnica para identificar e comparar o desempenho municipal, enquanto o selo busca comunicar os resultados, estabelecer níveis progressivos e estimular o aprimoramento. A articulação entre ambos permite conectar avaliação, planejamento, reconhecimento, monitoramento e melhoria contínua.

A contribuição teórica da tese reside, portanto, na integração de campos frequentemente analisados separadamente: regularização dos usos da água, conservação e restauração ambiental, governança municipal, indicadores compostos e certificação territorial. Essa integração sustenta a hipótese de que um modelo multidimensional, territorialmente referenciado e associado a mecanismos institucionais de reconhecimento pode ampliar a utilidade dos diagnósticos e contribuir para o fortalecimento da governança hídrica na UPGRH SF1 e em outras unidades de planejamento.

3 PERCURSO METODOLÓGICO GERAL

A presente tese foi desenvolvida mediante percurso metodológico integrado, organizado em quatro estudos complementares e sequenciais. A estrutura metodológica parte do diagnóstico de instrumentos e práticas relacionadas à gestão dos recursos hídricos na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco — UPGRH SF1 —, avança para a construção de uma avaliação multidimensional do desempenho municipal e culmina na proposição de um sistema de certificação hídrico-ambiental.

A elaboração desta seção tem a finalidade de explicitar a arquitetura metodológica geral da tese, demonstrando como os objetos, as fontes de dados, os procedimentos analíticos e os produtos dos quatro artigos foram articulados para responder ao problema de pesquisa e alcançar os objetivos estabelecidos. As metodologias específicas encontram-se detalhadas nos respectivos artigos, enquanto este percurso metodológico apresenta os elementos comuns e as relações estabelecidas entre as diferentes etapas da investigação.

3.1 Delineamento da pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória, descritiva, documental e propositiva, com abordagem predominantemente quantitativa, complementada por análise qualitativa de documentos, normas, políticas públicas e experiências institucionais.

O caráter aplicado decorre da finalidade de desenvolver instrumentos destinados ao apoio à gestão hídrico-ambiental, especialmente o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica — ICSA — e o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental. A natureza exploratória está associada à investigação de bases de dados, instrumentos e relações ainda pouco sistematizados em escala municipal na UPGRH SF1. O componente descritivo corresponde à caracterização dos usos da água, dos projetos de conservação, das capacidades municipais e dos padrões territoriais identificados.

A dimensão documental compreendeu a utilização de bases públicas, documentos normativos, relatórios institucionais, planos de recursos hídricos, sistemas governamentais de informações e publicações científicas. A etapa propositiva concentrou-se no desenvolvimento do ICSA e na estruturação do Selo Carranca como modelo de certificação municipal.

Quanto à temporalidade, a pesquisa reuniu dados retrospectivos e transversais. O estudo sobre regularização dos usos da água analisou registros referentes ao período de 2018 a 2022. A análise dos projetos de Pagamento por Serviços Ambientais considerou programas e projetos

vigentes ou disponíveis nas fontes consultadas até 2024. O ICSA foi elaborado a partir das informações oficiais mais recentes disponíveis durante sua construção, abrangendo bases com diferentes anos de referência. O Selo Carranca utilizou como base empírica os resultados do índice publicados em 2026.

Não foram empregados procedimentos experimentais nem realizadas intervenções deliberadas sobre os fenômenos analisados. O desenho da pesquisa não se destinou à comprovação de relações causais, mas à identificação de padrões, fragilidades, associações, assimetrias territoriais e possibilidades de aplicação institucional.

3.2 Área de estudo e unidades de análise

A área de estudo corresponde à UPGRH SF1, localizada no estado de Minas Gerais e vinculada à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. A unidade compreende as nascentes históricas e parte do alto curso do rio São Francisco, abrangendo 29 municípios com diferentes características territoriais, ambientais, demográficas, econômicas e institucionais.

A escolha da UPGRH SF1 fundamentou-se em sua relevância hídrica, ambiental, histórica e cultural, bem como na existência de pressões associadas à erosão, ao assoreamento, ao lançamento de efluentes, à disposição de resíduos sólidos, à degradação das áreas rurais e à insuficiência de informações qualiquantitativas sobre os recursos hídricos. Também foram consideradas a disponibilidade de dados oficiais e a possibilidade de comparação entre municípios pertencentes a uma mesma unidade hidrográfica.

As unidades de análise variaram conforme a etapa da pesquisa:

a) no primeiro estudo, foram analisados os registros de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos e os cadastros de usos considerados insignificantes relacionados à UPGRH SF1;

b) no segundo estudo, foram examinados os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais, as iniciativas de restauração de áreas degradadas, a participação dos pequenos produtores rurais e a disponibilidade regional de insumos para restauração;

c) no terceiro estudo, a unidade de análise correspondeu a cada um dos 29 municípios, avaliados por meio dos 14 subindicadores e das cinco dimensões do ICSA;

d) no quarto estudo, os municípios permaneceram como unidades de análise, sendo classificados segundo os níveis propostos para o Selo Carranca.

O recorte municipal foi adotado em razão da influência das administrações locais sobre políticas de saneamento, resíduos sólidos, ordenamento territorial, conservação do solo,

proteção de nascentes, educação ambiental, produção de informações e participação nos processos de governança hídrica.

3.3 Estrutura metodológica da tese

A pesquisa foi organizada em quatro etapas integradas, conforme apresenta o Quadro 1:
Diagnóstico da regularização dos usos da água → análise dos instrumentos de conservação e restauração ambiental → integração multidimensional por meio do ICSA → proposição do Selo Carranca.

Quadro 1 – Estrutura metodológica da tese: etapas articuladas da pesquisa

ETAPA	1 Diagnóstico da regularização dos usos da água	2 Análise dos instrumentos de conservação e restauração ambiental	3 Integração multidimensional por meio do ICSA	4 Proposição do Selo Carranca
OBJETIVO PRINCIPAL	Avaliar a qualidade, a quantidade e a consistência dos registros de outorgas e de usos considerados insignificantes na UPGRH SF1.	Examinar os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais, a restauração de áreas degradadas e a participação dos pequenos produtores rurais.	Desenvolver e aplicar o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA) para avaliar o desempenho dos 29 municípios da UPGRH SF1.	Propor um sistema de certificação municipal baseado nos resultados do ICSA, com critérios técnicos, governança, auditoria e revalidação.
PRINCIPAIS PROCEDIMENTOS	- Revisão da legislação e das normas. - Extração e comparação de bases (IDE-Sisema). - Padronização de vazões e volumes. - Análise estatística e temporal (Excel e R). - Identificação de inconsistências e limitações.	- Revisão bibliográfica estruturada. - Levantamento e análise de projetos de PSA. - Análise da participação dos pequenos produtores. - Consulta a viveiros e fornecedores de mudas. - Análise descritiva e comparativa.	- Seleção de 14 subindicadores em 5 dimensões. - Coleta de dados em bases oficiais. - Padronização e normalização (0 a 100). - Agregação das dimensões e cálculo do ICSA. - Validação estatística e análise geoespacial.	- Definição dos níveis e faixas de certificação. - Estabelecimento de critérios técnicos obrigatórios. - Proposição da identidade visual e manual. - Estruturação do modelo de governança. - Aplicação demonstrativa aos municípios.
FONTES DE DADOS	IGAM (IDE-Sisema); ANA; CBH SF1; FJP; legislação e normas; relatórios institucionais.	ANA; IBGE; instituições estaduais e federais; publicações científicas; viveiros e empresas regionais.	IGAM; CBH SF1; SEF-MG; IBGE; SNIS; ANA; Plano Diretor da UPGRH SF1; legislação.	Resultados do ICSA; normas de certificação; referências técnicas; experiências institucionais.
PRODUTOS	Diagnóstico da regularização dos usos da água: padrões, fragilidades informacionais e limitações das bases.	Panorama dos instrumentos de conservação e restauração: projetos existentes, participação, insumos e barreiras institucionais.	ICSA municipal e das dimensões; mapas temáticos; identificação de padrões e assimetrias territoriais.	Modelo do Selo Carranca: níveis de certificação, critérios, governança, procedimentos e aplicação demonstrativa.
ARTICULAÇÃO ENTRE AS ETAPAS: os diagnósticos setoriais (etapas 1 e 2) fundamentam o desenvolvimento do ICSA (etapa 3), que, por sua vez, constitui a base técnica para a proposição do sistema de certificação municipal Selo Carranca (etapa 4).				

Fonte: concepção científica e elaboração do autor, com apoio de inteligência artificial generativa OpenAI (2026).

A primeira etapa examinou a qualidade e a utilidade dos dados empregados na regularização e no controle dos usos da água. A segunda analisou os mecanismos de conservação e restauração ambiental, com destaque para o PSA e para a participação dos pequenos produtores rurais. Os resultados e as lacunas observadas nesses dois diagnósticos contribuíram para evidenciar a natureza multidimensional da sustentabilidade hídrico-ambiental municipal.

A terceira etapa converteu essa perspectiva integrada em modelo quantitativo, estruturando o ICSA a partir de dimensões relacionadas à governança, ao saneamento, à conservação, à informação e à mobilização social. A quarta etapa utilizou os resultados do

índice como base para propor um sistema progressivo de certificação municipal, com critérios técnicos, validação informacional, governança institucional, monitoramento e revalidação.

A relação entre os estudos não corresponde apenas à sua ordem de apresentação. Os artigos constituem componentes de uma mesma estratégia investigativa, na qual os diagnósticos setoriais fundamentaram o desenvolvimento do índice, e o índice forneceu a base empírica para a proposição do sistema de certificação.

3.4 Fontes, obtenção e organização dos dados

A pesquisa utilizou dados secundários provenientes de fontes governamentais, institucionais e científicas. Entre as principais fontes encontram-se:

- a) Instituto Mineiro de Gestão das Águas — IGAM;
- b) Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos — IDE-Sisema;
- c) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico — ANA;
- d) Comitê da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco — CBH SF1;
- e) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE;
- f) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento — SNIS;
- g) Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais — SEF-MG;
- h) Fundação João Pinheiro — FJP;
- i) Plano Diretor de Recursos Hídricos da UPGRH SF1;
- j) legislação federal e estadual, deliberações normativas, manuais técnicos, programas institucionais e relatórios governamentais.

A fundamentação teórica e a identificação de experiências comparáveis foram desenvolvidas por meio de consultas às bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect e SciELO. Foram considerados artigos científicos, livros, relatórios técnicos, documentos normativos e publicações institucionais relacionados à governança da água, outorgas, usos considerados insignificantes, PSA, restauração ambiental, indicadores compostos, certificação ambiental e sustentabilidade hídrico-ambiental.

As informações foram organizadas em planilhas estruturadas por unidade de análise, período, variável, fonte, categoria e unidade de medida. Durante a preparação das bases, foram realizadas verificações de consistência, padronização de nomenclaturas, conversão de unidades, identificação de registros incompletos e comparação entre versões das bases oficiais.

A utilização de fontes de diferentes anos de referência foi necessária em razão da periodicidade e da disponibilidade específica de cada sistema institucional. Para reduzir problemas de comparabilidade, foram priorizados os dados oficiais mais recentes disponíveis no período de elaboração de cada estudo, registrando-se a fonte e o ano de referência de cada variável.

3.5 Diagnóstico das outorgas e dos cadastros de usos considerados insignificantes

O primeiro estudo adotou abordagem exploratória e descritiva, fundamentada em análise documental quantitativa e qualitativa. A investigação compreendeu a revisão da legislação e das normas relacionadas à regularização dos usos da água e a análise dos dados de outorgas e cadastros disponíveis na IDE-Sisema.

Os dados foram obtidos em formato de planilha eletrônica, a partir das informações disponibilizadas pelo IGAM. O primeiro acesso e a extração da base ocorreram em 25 de novembro de 2023. Posteriormente, foi realizada nova consulta em 3 de janeiro de 2025, com a finalidade de verificar a permanência, a atualização e eventuais mudanças na estrutura das informações.

A comparação entre as consultas revelou alterações na disponibilidade temporal das bases e supressão de parte dos registros anteriores. Por essa razão, foi preservado o conjunto inicialmente obtido e definido o intervalo de 2018 a 2022 como período principal de análise, por apresentar condições mais adequadas de comparação entre outorgas e cadastros e contemplar mudanças relevantes nos procedimentos de regularização.

Foram examinadas as seguintes variáveis:

- a) número de outorgas concedidas;
- b) modalidade de captação superficial ou subterrânea;
- c) vazão declarada ou autorizada;
- d) volume de água correspondente;
- e) número de cadastros de usos considerados insignificantes;
- f) finalidade declarada do uso da água;
- g) distribuição temporal dos registros;
- h) consistência das unidades e dos campos preenchidos.

As planilhas apresentavam registros de vazão em diferentes unidades, incluindo metros cúbicos por segundo, metros cúbicos por hora, litros por segundo e litros por hora. As

informações foram padronizadas para permitir comparação e cálculo dos volumes correspondentes. Quando necessário, os volumes foram estimados pela combinação da vazão declarada com o tempo diário de operação, a frequência semanal e o número de meses informados.

Os dados foram tabulados no Microsoft Excel e tratados no ambiente R. Foram empregados procedimentos de organização, transformação, agrupamento, análise temporal e representação gráfica. O tratamento buscou identificar tendências, diferenças entre modalidades de regularização, inconsistências, limitações informacionais e possíveis efeitos das características autodeclaratórias dos cadastros.

As informações socioeconômicas utilizadas para contextualizar os municípios foram obtidas junto à Fundação João Pinheiro e a outras fontes governamentais. A interpretação dos dados considerou as mudanças nos procedimentos de regularização e as limitações decorrentes da atualização e da redução do período histórico disponibilizado pela plataforma.

3.6 Análise dos projetos de Pagamento por Serviços Ambientais e restauração

O segundo estudo combinou revisão bibliográfica estruturada, análise documental e levantamento exploratório de informações institucionais e regionais. A etapa bibliográfica concentrou-se nos temas degradação ambiental, recuperação e restauração de áreas degradadas, serviços ecossistêmicos, Pagamento por Serviços Ambientais e participação de pequenos produtores rurais.

As publicações identificadas nas bases científicas foram organizadas segundo sua contribuição para os objetivos do estudo. Foram examinados os métodos, os resultados, as limitações e as oportunidades descritas na literatura, com ênfase nas barreiras financeiras, na mobilização social, na participação dos proprietários rurais, no monitoramento dos projetos e na continuidade das ações de conservação.

A participação da UPGRH SF1 nos programas de PSA foi examinada principalmente por meio das informações oficiais da ANA relativas ao Programa Produtor de Água e a outros projetos fomentados ou reconhecidos pela instituição. Os projetos foram organizados segundo sua localização, denominação, abrangência e vínculo territorial com a unidade hidrográfica.

Para contextualizar a participação dos pequenos produtores, foram utilizados os módulos fiscais estabelecidos para os municípios da região e os parâmetros legais aplicáveis à caracterização da pequena propriedade rural. Essa análise permitiu relacionar a dimensão

territorial dos imóveis às condições de adesão, implantação e manutenção das intervenções ambientais.

Também foram realizadas consultas a viveiros, empresas e instituições fornecedoras de mudas de espécies nativas na área de influência da UPGRH SF1. O levantamento teve caráter institucional e buscou verificar a disponibilidade regional de insumos florestais e os custos associados à recuperação de áreas degradadas, independentemente da vinculação direta dos fornecedores aos projetos de PSA.

A análise foi predominantemente descritiva e comparativa. Foram observadas a distribuição dos projetos, sua representatividade em relação ao conjunto estadual e nacional, as características dos municípios participantes, as condições de acesso dos pequenos produtores e a relação entre mobilização social, capacidade institucional e continuidade das ações.

3.7 Desenvolvimento e aplicação do ICSA

O terceiro estudo foi caracterizado como pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, de abordagem quantitativa, baseada em análise documental e comparação intermunicipal. O objetivo metodológico foi desenvolver e aplicar um índice capaz de sintetizar, em métrica comum, diferentes dimensões da sustentabilidade hídrico-ambiental municipal.

A construção do ICSA foi orientada por três premissas:

- a) a sustentabilidade hídrico-ambiental municipal constitui fenômeno multidimensional;
- b) a comparação entre municípios exige padronização das variáveis em escala comum;
- c) a agregação deve preservar o equilíbrio entre as dimensões, evitando que setores com maior quantidade de dados dominem o resultado final.

3.7.1 Estrutura dimensional e seleção dos subindicadores

O ICSA foi estruturado a partir de 14 subindicadores, distribuídos em cinco dimensões:

- a) **gestão institucional e governança**, composta por adimplência pela cobrança pelo uso da água, ICMS Ecológico, instrumentos de planejamento ambiental e representatividade no CBH SF1;
- b) **saneamento e controle da poluição**, composta por coleta de esgoto, coleta seletiva, destinação final de resíduos sólidos, tratamento de esgoto sanitário e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;

- c) **conservação ambiental e recuperação**, composta por controle de erosão e reflorestamento e programas de PSA hídrico;
- d) **informação e monitoramento hídrico**, composta por banco de dados municipal sobre recursos hídricos e monitoramento hídrico fluvial;
- e) **educação e mobilização ambiental**, composta por educação ambiental aplicada.

A seleção dos subindicadores considerou relevância conceitual, aderência aos problemas identificados no Plano Diretor de Recursos Hídricos da UPGRH SF1, disponibilidade de fontes oficiais, possibilidade de atualização e comparabilidade entre os 29 municípios.

Os dados foram obtidos nas bases do IGAM e do CBH SF1 para os componentes de cobrança, participação e monitoramento; da SEF-MG para o ICMS Ecológico; do IBGE para planejamento, conservação, bancos de dados e educação ambiental; do SNIS para saneamento e resíduos sólidos; e da ANA para os programas de PSA e parte das informações de monitoramento.

3.7.2 Padronização e normalização

Os 14 subindicadores foram convertidos para escala de 0 a 100, permitindo a comparação entre variáveis originalmente expressas em diferentes unidades e categorias. A escala centesimal foi adotada para facilitar a interpretação por gestores e leitores não especializados e para permitir representação cartográfica direta.

O tratamento variou conforme a natureza das variáveis:

- a) variáveis binárias receberam escores extremos ou discretos, de acordo com a presença ou a ausência do atributo;
- b) variáveis ordinais receberam escores graduados, conforme categorias previamente definidas;
- c) variáveis contínuas ou proporcionais foram convertidas em faixas ou mantidas proporcionalmente na escala adotada.

Em todos os casos, a direção dos escores foi definida de modo que valores mais elevados representassem condições mais favoráveis à sustentabilidade hídrico-ambiental.

3.7.3 Agregação dos subindicadores e análise das estratégias de ponderação

Para o cálculo do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), foram consideradas duas estratégias de agregação. Os valores finais apresentados no Artigo 3 foram obtidos pela média aritmética simples dos 14 subindicadores normalizados, atribuindo-se peso equivalente a cada um deles. Complementarmente, foi considerada uma estratégia de agregação hierárquica por dimensões, realizada em duas etapas. Inicialmente, os valores normalizados dos subindicadores foram agregados nas respectivas dimensões. Em seguida, os escores das cinco dimensões foram agregados para a obtenção do índice final de cada município.

Para cada município, o escore de cada dimensão foi obtido pela média aritmética simples dos subindicadores que a compõem, conforme a Equação 3.1:

$$D_{ik} = (1/n_k) \sum_{j=1}^{n_k} S_{ijk} \quad (3.1)$$

em que:

D_{ik} corresponde ao escore da dimensão k para o município i ;

S_{ijk} representa o valor normalizado do subindicador j , pertencente à dimensão k , para o município i ;

n_k corresponde ao número de subindicadores que compõem a dimensão k .

Para o cálculo dos escores dimensionais, foram considerados quatro subindicadores na dimensão de gestão institucional e governança, cinco na dimensão de saneamento e controle da poluição, dois na dimensão de conservação ambiental e recuperação, dois na dimensão de informação e monitoramento hídrico e um na dimensão de educação e mobilização ambiental.

Na estratégia de agregação hierárquica, após o cálculo dos escores dimensionais, o índice de cada município foi obtido pela média aritmética simples das cinco dimensões, conforme a Equação 3.2:

$$ICSA_i = (DA_i + DB_i + DC_i + DD_i + DE_i) / 5 \quad (3.2)$$

em que:

$ICSA_i$ corresponde ao Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica do município i ;

- DA_i corresponde ao escore da dimensão de gestão institucional e governança;
- DB_i corresponde ao escore da dimensão de saneamento e controle da poluição;
- DC_i corresponde ao escore da dimensão de conservação ambiental e recuperação;
- DD_i corresponde ao escore da dimensão de informação e monitoramento hídrico;
- DE_i corresponde ao escore da dimensão de educação e mobilização ambiental.

Na agregação direta utilizada nos resultados publicados, os 14 subindicadores receberam pesos equivalentes, correspondendo cada um a aproximadamente 7,14% do valor final do ICSA. Na estratégia hierárquica por dimensões, foram atribuídos pesos iguais aos subindicadores pertencentes a uma mesma dimensão e pesos equivalentes às cinco dimensões no cálculo do índice final. Consequentemente, cada dimensão representa 20% do valor total do ICSA, independentemente da quantidade de subindicadores que a compõem.

Em razão dessa estrutura, na agregação hierárquica, os 14 subindicadores não possuem o mesmo peso individual no índice final. Cada subindicador da dimensão de gestão institucional e governança representa 5% do ICSA; cada subindicador da dimensão de saneamento e controle da poluição representa 4%; cada subindicador das dimensões de conservação ambiental e recuperação e de informação e monitoramento hídrico representa 10%; e o subindicador da dimensão de educação e mobilização ambiental representa 20%.

Essa estratégia de ponderação por dimensões busca assegurar equilíbrio entre as dimensões temáticas e evitar que a dimensão de saneamento e controle da poluição, composta por maior número de subindicadores, seja automaticamente supervalorizada no índice final. Enquanto a agregação direta privilegia a equivalência entre os 14 subindicadores, a agregação hierárquica privilegia a equivalência estrutural entre as cinco dimensões da sustentabilidade hídrico-ambiental municipal.

Os valores finais apresentados no Artigo 3 correspondem à agregação direta dos 14 subindicadores. A agregação hierárquica por dimensões é apresentada na parte geral da tese como estratégia alternativa de ponderação, utilizada na análise complementar de sensibilidade, sem alteração dos resultados originalmente publicados.

A análise complementar de sensibilidade comparou os escores obtidos pelas duas estratégias de agregação. A correlação de Spearman entre os resultados foi de aproximadamente 0,983, evidenciando elevada concordância na ordenação dos municípios. A diferença absoluta média entre os escores foi de aproximadamente 3,6 pontos, com diferença máxima de aproximadamente 8,1 pontos. Considerando as faixas de desempenho adotadas no Artigo 3, 25 dos 29 municípios (86,2%) permaneceram na mesma classe, enquanto quatro apresentaram

alteração de faixa: Lagoa da Prata, Moema, Pains e São Roque de Minas. Esses resultados demonstram que, embora as duas estratégias não sejam matematicamente equivalentes, a estrutura geral de classificação apresentou relativa estabilidade, com maior sensibilidade nos municípios situados próximos aos limites entre as faixas.

A comparação evidencia, portanto, que a escolha da estratégia de agregação corresponde também a uma decisão de ponderação. Na agregação direta, cada um dos 14 subindicadores possui peso equivalente de aproximadamente 7,14%, enquanto, na agregação hierárquica, cada uma das cinco dimensões representa 20% do índice, resultando em pesos individuais distintos para os subindicadores. Dessa forma, aplicações futuras do ICSA deverão explicitar previamente a estratégia adotada e poderão aprofundar a análise de sensibilidade mediante a comparação de diferentes estruturas de ponderação e agregação.

3.7.4 Validação estatística

A validação estatística buscou examinar a consistência interna, a possível redundância entre os subindicadores e a coerência da estrutura de agregação. Em razão da natureza mista das variáveis, foram utilizados procedimentos não paramétricos.

Inicialmente, foi calculada a correlação de Spearman entre os subindicadores, com a finalidade de identificar associações excessivamente elevadas que indicassem duplicidade ou sobreposição informacional.

Em seguida, foi realizada análise de agrupamento hierárquico dos municípios. Empregou-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade e o método de ligação média para a formação dos agrupamentos. A análise buscou verificar se o conjunto dos subindicadores era capaz de distinguir padrões de desempenho e agrupar municípios com características semelhantes.

A interpretação das correlações considerou prioritariamente a magnitude e a relevância prática das associações, evitando restringir a análise à significância estatística isolada.

3.7.5 Análise geoespacial

A distribuição territorial do ICSA e de suas dimensões foi examinada por meio de Sistemas de Informação Geográfica. As bases cartográficas do IBGE, da ANA e do IGAM foram integradas aos resultados municipais.

O processamento espacial e a elaboração dos mapas temáticos foram realizados no software QGIS. A representação cartográfica permitiu visualizar a distribuição dos escores, identificar concentrações de desempenho, reconhecer desigualdades territoriais e verificar a existência de padrões espaciais entre municípios próximos.

A análise espacial complementou os procedimentos estatísticos e comparativos, permitindo interpretar o índice não apenas como classificação numérica, mas como expressão territorial das condições de governança, infraestrutura, conservação, informação e mobilização social. Além da representação cartográfica, a espacialização do ICSA possui potencial para subsidiar análises de vizinhança, proximidade e acessibilidade, permitindo identificar municípios com fragilidades comuns, municípios-polo, estruturas regionais de apoio, possibilidades de cooperação intermunicipal e formação de consórcios. Dessa forma, o SIG pode contribuir não apenas para localizar os problemas, mas também para apoiar a identificação de estratégias territoriais para sua superação.

3.8 Proposição de certificação: Selo Carranca

O quarto estudo possui natureza aplicada, documental, quantitativa e propositiva. Sua base empírica corresponde aos resultados do ICSA calculados para os 29 municípios da UPGRH SF1.

O objetivo metodológico foi desenvolver um sistema capaz de converter os escores do índice em níveis de certificação associados a critérios técnicos, identidade visual, validação das informações e governança institucional. A utilização do ICSA como matriz técnica fundamentou-se em seu caráter multidimensional, no emprego de dados oficiais, na comparabilidade dos parâmetros e na coerência territorial proporcionada pela aplicação em municípios de uma mesma unidade hidrográfica.

A elaboração do modelo foi organizada em sete etapas:

- a) definição conceitual e institucional do Selo Carranca;
- b) estabelecimento das faixas de certificação a partir dos resultados do ICSA;
- c) definição de critérios técnicos obrigatórios;
- d) proposição da identidade visual e das regras gerais de aplicação da marca;
- e) construção do modelo de governança institucional;
- f) aplicação demonstrativa da classificação aos municípios da UPGRH SF1;
- g) delimitação de possibilidades futuras para empreendimentos, usuários de recursos hídricos e reconhecimento institucional.

O sistema municipal foi estruturado em cinco níveis:

- a) **Inicial**, para pontuações inferiores a 40;
- b) **Básico**, para pontuações entre 40 e 59;
- c) **Intermediário**, para pontuações entre 60 e 74;
- d) **Avançado**, para pontuações entre 75 e 89;
- e) **Excelência**, para pontuações iguais ou superiores a 90.

O nível Inicial possui caráter predominantemente diagnóstico e não corresponde à certificação plena. Os demais níveis representam estágios progressivos de estruturação, conformidade, maturidade e referência hídrico-ambiental.

A proposta foi estruturada em duas camadas de avaliação. A primeira corresponde à confiabilidade informacional, abrangendo integridade, consistência, comprovação e rastreabilidade das evidências. A segunda corresponde ao desempenho municipal expresso pelo ICSEA. A concessão do selo pressupõe compatibilidade entre essas duas camadas, evitando certificação baseada exclusivamente em pontuação não validada.

O modelo de governança foi organizado a partir de três instâncias:

- a) órgão normativo, responsável por critérios, metodologia, regras de concessão, atualização dos parâmetros e integridade do sistema;
- b) órgão certificador, responsável pela análise técnica e pela deliberação final sobre a concessão;
- c) instância recursal, responsável pela revisão das decisões e pela garantia de transparência e segurança procedimental.

O CBH SF1 e o IGAM foram considerados atores institucionais potencialmente complementares para a gestão do sistema, especialmente quanto à definição de critérios, à validação das informações, à articulação com os municípios e ao acompanhamento da certificação. A efetiva atribuição dessas competências dependerá de formalização institucional específica.

A proposta também compreendeu procedimentos de auditoria informacional, publicação dos resultados, monitoramento, validade temporal e revalidação periódica. O Selo Carranca foi concebido como sistema dinâmico de melhoria contínua, não como reconhecimento permanente ou exclusivamente visual (Santos; Borges, 2026b).

A aplicação realizada aos 29 municípios teve finalidade demonstrativa e propositiva. Não correspondeu à implantação oficial do sistema nem à concessão efetiva de certificação. A

capacidade do selo de induzir mudanças concretas deverá ser avaliada após eventual institucionalização e aplicação periódica, mediante acompanhamento longitudinal, entendido como a observação do desempenho dos mesmos municípios em ciclos sucessivos de certificação, permitindo comparar sua evolução ao longo do tempo.

3.9 Integração metodológica dos estudos

A integração metodológica foi promovida por cinco elementos comuns:

- a) adoção da UPGRH SF1 como unidade territorial de referência;
- b) utilização prioritária de bases oficiais e informações institucionalmente verificáveis;
- c) enfoque na escala municipal e em sua relação com a governança de bacia;
- d) progressão do diagnóstico setorial para a avaliação multidimensional;
- e) transformação dos resultados analíticos em proposta de aplicação institucional.

O estudo das outorgas evidenciou a importância da confiabilidade, da padronização e da rastreabilidade das informações. A análise do PSA demonstrou que instrumentos ambientais dependem de capacidade institucional, financiamento, participação dos proprietários e mobilização social. Essas constatações contribuíram para a definição das dimensões e dos subindicadores do ICSA.

O ICSA integrou essas e outras variáveis em estrutura comparável, permitindo identificar o desempenho de cada município e as dimensões responsáveis por suas principais fragilidades. O Selo Carranca utilizou o índice como base técnica para estabelecer níveis progressivos de reconhecimento e orientar prioridades de melhoria.

Essa sequência assegura correspondência entre os objetivos específicos e os quatro artigos da tese. Também permite que os resultados sejam examinados tanto em suas particularidades quanto em sua contribuição para a hipótese geral da pesquisa.

3.10 Controle de qualidade, rastreabilidade e validação das informações

O controle de qualidade foi realizado durante as etapas de obtenção, organização, tratamento e análise. Entre os procedimentos adotados encontram-se:

- a) utilização preferencial de fontes oficiais;
- b) registro da instituição responsável e do ano de referência;
- c) preservação das bases extraídas das plataformas;

- d) padronização das unidades de medida e nomenclaturas municipais;
- e) comparação entre diferentes versões das bases;
- f) identificação de campos incompletos, inconsistentes ou suprimidos;
- g) verificação de compatibilidade territorial;
- h) manutenção da possibilidade de desagregação dos resultados do ICSA;
- i) validação estatística da estrutura do índice;
- j) previsão de auditoria informacional no modelo de certificação.

A rastreabilidade foi considerada requisito transversal da pesquisa. No estudo das outorgas, permitiu identificar alterações na disponibilização dos registros. No ICSA, assegurou a vinculação de cada subindicador à sua fonte. No Selo Carranca, foi incorporada como condição para a validação das evidências e para a concessão futura da certificação.

3.11 Aspectos éticos

A pesquisa utilizou predominantemente dados públicos, agregados, institucionais e documentais. Não foram coletados dados pessoais sensíveis, informações individualizadas sobre usuários de recursos hídricos ou manifestações pessoais destinadas à análise comportamental.

As consultas realizadas junto a viveiros, empresas e instituições tiveram caráter institucional e buscaram informações objetivas sobre disponibilidade de mudas e insumos para restauração. Não foram empregados questionários individuais, entrevistas pessoais ou intervenções com participantes humanos.

Na divulgação dos resultados, foram preservadas a finalidade científica das bases, a identificação das fontes e a distinção entre dados observados, inferências analíticas e proposições institucionais. A classificação municipal produzida pelo ICSA foi tratada como resultado de um modelo de avaliação territorial, e não como juízo definitivo sobre a atuação de gestores ou agentes públicos específicos.

3.12 Delimitações e limitações metodológicas

A interpretação dos resultados deve considerar limitações relacionadas à disponibilidade, à atualização e à heterogeneidade das bases utilizadas. Os sistemas consultados

possuem diferentes anos de referência, periodicidades, escalas e critérios de preenchimento, o que restringe a construção de uma fotografia inteiramente simultânea dos municípios.

No estudo das outorgas e dos cadastros, as principais limitações decorreram das informações autodeclaradas, da diversidade das unidades de vazão, da ausência de campos mensuráveis e das alterações posteriores na base da IDE-Sisema.

Na análise dos projetos de PSA, a disponibilidade desigual de informações públicas limitou a comparação detalhada entre desenho financeiro, área restaurada, permanência das intervenções e resultados ecológicos de cada projeto.

No ICSEA, a utilização de variáveis categóricas e de dados secundários condiciona os resultados à qualidade das fontes e aos critérios de conversão para a escala de 0 a 100. Embora a validação estatística permita examinar coerência e redundância, não elimina a necessidade de atualização periódica, análise de sensibilidade e aperfeiçoamento futuro dos subindicadores.

O Selo Carranca possui caráter propositivo e sua classificação demonstrativa baseia-se nos escores do ICSEA, embora sua efetividade institucional ainda dependa de aplicação oficial e avaliação em ciclos sucessivos. Seus efeitos sobre políticas públicas, alocação de recursos, comportamento municipal e melhoria da governança deverão ser verificados ao longo do tempo. Essas limitações delimitam, mas não inviabilizam, sua aplicação, devendo o modelo ser compreendido como instrumento de diagnóstico, comparação, planejamento e indução.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

Artigo 1 - Redigido conforme norma do periódico científico - Versão publicada	
Título do artigo:	Análise dos dados de outorga e cadastros da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco – SF1, contidos na IDE-Sisema
Autores:	Flávio Andreote dos Santos, Luís Antônio Coimbra Borges, Delba Helene Cunha Silva
Periódico:	<i>Revista de Gestão Social e Ambiental</i>
ISSN	1981-982X
DOI	https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-067

A segunda parte desta tese reúne quatro artigos científicos inter-relacionados, organizados de modo a refletir a progressão conceitual e metodológica da pesquisa. O percurso inicia-se com o diagnóstico dos instrumentos de regularização dos usos da água, prossegue com a análise das iniciativas de conservação, restauração ambiental e Pagamento por Serviços Ambientais, avança para a construção de uma avaliação multidimensional da sustentabilidade hídrico-ambiental municipal e culmina na proposição de um sistema de certificação fundamentado no Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA).

Os quatro artigos que compõem esta parte foram publicados na *Revista de Gestão Social e Ambiental* (RGSA) e são apresentados nesta tese de acordo com suas respectivas versões publicadas. Em conjunto, os estudos articulam diagnóstico, avaliação e aplicação institucional: os dois primeiros examinam aspectos específicos da regularização dos usos da água e da conservação ambiental; o terceiro desenvolve e aplica o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA) aos municípios da UPGRH SF1; e o quarto apresenta o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal fundamentado nos resultados do índice. Essa organização evidencia a unidade científica da tese e demonstra a continuidade entre a identificação das fragilidades territoriais, a construção da métrica integrada e a formulação de um mecanismo de reconhecimento e indução à melhoria da governança hídrica.

A organização dos artigos evidencia a continuidade entre as etapas da pesquisa. O primeiro estudo examina a regularização dos usos da água; o segundo analisa os instrumentos de conservação e restauração ambiental; o terceiro desenvolve e aplica o ICSA; e o quarto converte os resultados do índice em uma proposta de certificação municipal. Dessa forma, os artigos compõem um percurso integrado que articula diagnóstico territorial, avaliação multidimensional e aplicação institucional.



RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental
ISSN: 1981-982X
Submission date: 11/4/2024
Acceptance date: 01/6/2025
DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-067>
Organization: Interinstitutional Scientific Committee
Chief Editor: Ana Carolina Messias de Souza Ferreira da Costa
Assessment: Double Blind Review by SEER/OJS

ANÁLISE DOS DADOS DE OUTORGA E CADASTROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS AFLUENTES DO ALTO SÃO FRANCISCO – SF1, CONTIDOS NA IDE-SISEMA

Flávio Andreote Dos Santos¹
Luís Antônio Coimbra Borges²
Delba Helene Cunha Silva³

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é investigar e analisar criticamente a gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1), em Minas Gerais, com foco nos processos de outorga e cadastros de uso considerado insignificante. Busca-se compreender as relações entre o crescimento das outorgas e cadastros, e variáveis socioeconômicas, como PIB per capita, população e cobertura de plantio.

Referencial Teórico: A análise baseia-se nos princípios de gestão integrada de recursos hídricos e nas diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, considerando aspectos técnicos, sociais e ambientais. Estudos prévios destacam a relevância de sistemas eficientes de monitoramento e auditoria na gestão hídrica.

Método: A metodologia adotada para esta pesquisa compreende uma abordagem exploratória e descritiva, com análise documental de dados extraídos da IDE-SISEMA e revisão sistemática da literatura. Os dados compreendem o período de 2018 a 2022 e incluem informações sobre outorgas, cadastros e variáveis socioeconômicas na bacia SF1.

Resultados e Discussão: Observou-se crescimento significativo nas outorgas a partir de 2018, acompanhado por uma maior proporção de cadastros insignificantes. Contudo, as correlações entre variáveis socioeconômicas e o número de outorgas não apresentaram significância estatística. A gestão hídrica na SF1 evidencia desafios de balanceamento entre demanda hídrica e conservação.

Implicações da Pesquisa: As implicações práticas e teóricas desta pesquisa destacam a necessidade de auditorias mais eficientes e inclusão de dados mensuráveis nos cadastros para melhorar a fiscalização e gestão dos recursos hídricos, fornecendo subsídios para políticas públicas mais eficazes.

Originalidade/Valor: Este estudo contribui para a literatura ao evidenciar padrões e desafios únicos na gestão hídrica da SF1, destacando a importância de metodologias mais rigorosas para um uso sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos, Outorgas, Sustentabilidade, Auditoria, Autodeclaração, SF1.

¹ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil . E-mail: flavio.santos2@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0682-8234>

² Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: luiz.borges@ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0344-5008>

³ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.
 E-mail: delba.silva@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7947-4764>



ANALYSIS OF GRANTING AND REGISTRATION DATA FROM THE WATERSHED OF THE TRIBUTARIES OF THE UPPER SÃO FRANCISCO RIVER – SF1, CONTAINED IN THE IDE-SISEMA

ABSTRACT

Objective: This study aims to critically investigate and analyze water resource management in the Watershed of the Tributaries of the Upper São Francisco River (SF1), in Minas Gerais, focusing on the granting processes and registrations of insignificant use. It seeks to understand the relationships between the growth of water grants and registrations and socioeconomic variables, such as GDP per capita, population, and land coverage for agriculture.

Theoretical Framework: The analysis is based on the principles of integrated water resource management and the guidelines of the National Water Resources Policy, considering technical, social, and environmental aspects. Previous studies emphasize the relevance of efficient monitoring and auditing systems in water resource management.

Method: The methodology adopted for this research includes an exploratory and descriptive approach, with a documentary analysis of data extracted from IDE-SISEMA and a systematic literature review. The data covers the period from 2018 to 2022 and includes information on grants, registrations, and socioeconomic variables in the SF1 watershed.

Results and Discussion: A significant increase in water grants was observed from 2018 onwards, accompanied by a higher proportion of insignificant use registrations. However, correlations between socioeconomic variables and the number of water grants did not show statistical significance. Water resource management in SF1 highlights challenges in balancing water demand and conservation efforts.

Research Implications: The practical and theoretical implications of this research highlight the need for more efficient audits and the inclusion of measurable data in registrations to enhance oversight and management of water resources, providing support for more effective public policies.

Originality/Value: This study contributes to the literature by evidencing unique patterns and challenges in water resource management in SF1, emphasizing the importance of more rigorous methodologies for the sustainable use of water resources.

Keywords: Water Resource Management, Grants, Sustainability, Audit, Self-Declaration, SF1.

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CONCESIÓN Y REGISTRO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LOS AFLUENTES DEL ALTO SÃO FRANCISCO – SF1, CONTENIDOS EN LA IDE-SISEMA

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tiene como objetivo investigar y analizar críticamente la gestión de los recursos hídricos en la Cuenca Hidrográfica de los Afluentes del Alto São Francisco (SF1), en Minas Gerais, centrándose en los procesos de concesión y registros de uso considerado insignificante. Se busca comprender las relaciones entre el crecimiento de las concesiones y registros, y las variables socioeconómicas como el PIB per cápita, la población y la cobertura agrícola.

Marco Teórico: El análisis se basa en los principios de gestión integrada de recursos hídricos y en las directrices de la Política Nacional de Recursos Hídricos, considerando aspectos técnicos, sociales y ambientales. Estudios previos destacan la relevancia de sistemas eficientes de monitoreo y auditoría en la gestión hídrica.



Método: La metodología adoptada incluye un enfoque exploratorio y descriptivo, con análisis documental de datos extraídos de la IDE-SISEMA y revisión sistemática de literatura. Los datos comprenden el período de 2018 a 2022 e incluyen información sobre concesiones, registros y variables socioeconómicas en la cuenca SF1.

Resultados y Discusión: Se observó un aumento significativo en las concesiones a partir de 2018, acompañado de una mayor proporción de registros insignificantes. Sin embargo, las correlaciones entre las variables socioeconómicas y el número de concesiones no presentaron significancia estadística. La gestión hídrica en la SF1 evidencia desafíos en el equilibrio entre demanda hídrica y conservación.

Implicaciones de la investigación: Las implicaciones prácticas y teóricas de esta investigación destacan la necesidad de auditorías más eficientes y la inclusión de datos medibles en los registros para mejorar la supervisión y gestión de los recursos hídricos, proporcionando apoyo a políticas públicas más eficaces.

Originalidad/Valor: Este estudio contribuye a la literatura al evidenciar patrones y desafíos únicos en la gestión hídrica de la SF1, destacando la importancia de metodologías más rigurosas para un uso sostenible de los recursos hídricos.

Palabras clave: Gestión de Recursos Hídricos, Concesiones, Sostenibilidad, Auditoría, Autodeclaración, SF1.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

A gestão eficaz dos recursos hídricos é fundamental para garantir o suprimento de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, como abastecimento humano, agricultura, pecuária, indústria e ecossistemas aquáticos (Moser, 2016), sendo uma preocupação global crucial no século XXI. Em um mundo onde a água potável é um recurso localmente finito, sua distribuição justa e sustentável é essencial para a prosperidade das nações e o bem-estar das comunidades (Bouman et al., 2020). No contexto brasileiro, um país agraciado com vastos recursos hídricos, a gestão adequada desses recursos desempenha um papel de destaque na busca pelo desenvolvimento sustentável. Contudo, após mais de duas décadas da implementação da Lei da Águas no Brasil, são diversos os obstáculos no que tange ao planejamento e gestão dos recursos hídricos (Cerezini; Hanai, 2017).

A gestão eficaz dos recursos hídricos é um desafio complexo e crucial para o desenvolvimento sustentável de qualquer região (Jardim; Bursztyn, 2015). Em um estado brasileiro como Minas Gerais, reconhecido por sua diversidade hídrica, a gestão responsável desses recursos é de extrema importância para garantir um equilíbrio entre demanda crescente, manutenção e conservação.



Este artigo tem como objetivo analisar de forma crítica o cenário atual da gestão de recursos hídricos no estado de Minas Gerais, com um enfoque particular nas outorgas, que são autorizações concedidas para o uso da água, e os cadastros de uso insignificantes. Serão considerados fatores como políticas públicas, desafios ambientais e a eficácia dos mecanismos de gestão existentes. De forma mais específica, com os dados inerentes na Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1).

O problema refere-se à sustentabilidade no gerenciamento ambiental inerente a atual legislação e gestão dos recursos hídricos, aplicadas nas bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais. Com ênfase na circunscrição da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1), a qual acautela as nascentes históricas e geológicas do Rio da Integração Nacional. Durante a elaboração do PDRH e ECA da Bacia Hidrográfica, finalizado em 2022 (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - CBHSF, 2021), foram observados alguns problemas de maior relevância, destacando-se a inexistência do monitoramento ambiental adequado. A bacia hidrográfica apresenta um direcionamento maior para as atividades agropecuárias em relação ao setor industrial, com grande presença de pequenos imóveis rurais.

Neste contexto, busca-se averiguar se a expedição de outorgas e cadastros de uso apresentaram crescimento nos últimos, se sim, este crescimento foi proporcional entre eles e tem alguma correlação com outros fatores socioeconômicos?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

À medida que o Brasil, assim como o mundo, enfrenta crescentes pressões sobre seus recursos hídricos devido à expansão urbana, demandas agrícolas e industriais, além das mudanças climáticas, é imperativo analisar criticamente o quadro atual de gestão dos recursos hídricos e explorar caminhos para uma gestão mais sustentável e equitativa nesse gerenciamento. De acordo com o relatório Anual da Agência Nacional de Águas (Brasil, 2022), 44 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens no Brasil, e decretaram Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública em razão das secas ou longas estiagens pelo menos uma vez no período entre 2019 e 2021.



O estado do Amazonas, reconhecido internacionalmente pelo vasto cenário de biodiversidade, possui desafios únicos relacionados à gestão hídrica, especialmente devido à sua extensa bacia hidrográfica e eventos de chuvas extremas (Souza et al., 2020). Sua gestão está intrinsecamente ligada à preservação da floresta e à cooperação entre os estados e fronteiras com outros países com objetivo de proteger o bioma da região. Todavia, durante o ano de 2023 o estado passou por uma grave crise hídrica, com perda de superfície hídrica e prejuízos para os ecossistemas e para os seres humanos, principalmente com o detrimento da pesca e da navegabilidade. A crise hídrica pode, em parte, ser atribuída a desvios significativos nos padrões de precipitação e tendências de temperatura contemporaneamente observados (Nobre et al., 2016; Chiodi; Pinto; Uezu, 2021). Conforme pesquisa do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomas (Brasil, 2023), o Brasil perdeu desde a década de 90, 15% (quinze por cento) da superfície hídrica.

A cooperação interestadual é essencial para a gestão integrada e eficiente dos recursos hídricos, tanto no Brasil. Visto que, com uma ampla rede de bacias, como no caso do Rio São Francisco, rompe barreiras estaduais e toda atividade em seu curso tem impacto direto em seu ecossistema e consequentemente a sociedade. A gestão hídrica participativa, com foco na gerência a nível de bacia hidrográfica, pautada na análise adequada dos instrumentos definidos na Política Estadual de Recursos Hídricos se mostra como uma correta aplicação dos conhecimentos e esforços em prol da qualidade hídrica (Santos; Borges, 2017; Ávila et al., 2018; Antônio et al., 2019).

No contexto socioeconômico, as estratégias de gestão variam de acordo com o contexto socioeconômico de cada região, incluindo fatores como urbanização, industrialização e padrões de consumo. A sustentabilidade hídrica deve ser uma prioridade, com um foco crescente na conservação e na restauração de ecossistemas relacionados à água.

Em análise ao documento Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais (IGAM, 2022), foram obtidas informações acerca da avaliação do consumo de água setorial no estado, destacando-se entre elas: o setor de irrigação com a maior de demanda de consumo (54,97%), seguido pelos setores: mineração (18,01%), industrial (14,16%) e pecuária (12,86%).

A gestão de recursos hídricos envolve o planejamento, regulação, utilização e preservação sustentável dos recursos hídricos.



O que impõe desafios que incluem sua escassez, contaminação, disputas por uso. E não obstante, há também a necessidade de integrar uma abordagem holística considerando outros fatores nos aspectos sociais, econômicos e ambientais, ao integrar as políticas públicas no tocante a temática ambiental dos Comitês de Bacias Hidrográficas (Santos; Naves, 2017). Em um cenário de falta de governança é consequência de fragilidades nos Comitês (Di Mauro; Mageste; Lemes, 2017).

Sobretudo, em um cenário em constantes alterações em consequência das mudanças climáticas, que apresentam desafios adicionais, incluindo a variabilidade nas precipitações ou escassez, o aumento da frequência de eventos extremos que afetam a população e causam danos, exigindo adaptações em contexto mais amplo para minimizar seus efeitos sobre a sociedade e alcançar um possível equilíbrio ambiental.

O processo de outorga em Minas Gerais atualmente normatizado por meio do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Lei nº 13.199/1999 (Minas Gerais, 1999), tendo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) como responsável pela regulamentação e concessão de outorgas, pautados nas delimitações do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH). A solicitação junto ao IGAM, demanda informações detalhadas sobre a utilização pretendida, vazões e demais aspectos técnicos. A análise leva em consideração a disponibilidade hídrica, o enquadramento dos corpos d'água e a compatibilidade com os usos existentes. Atualmente as solicitações para perfuração de poços e pedidos de outorga são protocolados via Sistema Eletrônico de Informação (SEI), destinadas a Unidade Regional de Gestão das Águas (URGA) com responsabilidade territorial no local de intervenção hídrica. Conforme informações disponíveis no site do IGAM, para o peticionamento é requerida uma documentação específica com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), do responsável técnico pela elaboração do processo de outorga (IGAM, 2023a).

Noutro extremo, tem-se a emissão do cadastro de uso considerado insignificante, para os usos e intervenções que não dependem de outorga, tem os critérios para enquadramento dos Usos Insignificantes previstos na Deliberação Normativa (DR) do CERH nº 09/2004 (Minas Gerais, 2004), para captações e acumulações superficiais e na DN CERH nº 76/2022 (Minas Gerais, 2022), para captações de águas subterrâneas por meio de poços tubulares, cisternas, nascentes e surgências. Desde o mês de maio do ano de dois mil e dezessete, a certidão é emitida após o preenchimento dos campos parametrizados em ambiente virtual (web),



no Sistema de Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos (IGAM, 2023b). Verifica-se que o cadastro é realizado de forma autodeclaratória, sendo de responsabilidade do requerente prover as informações necessárias e declarar os dados reais.

3 METODOLOGIA

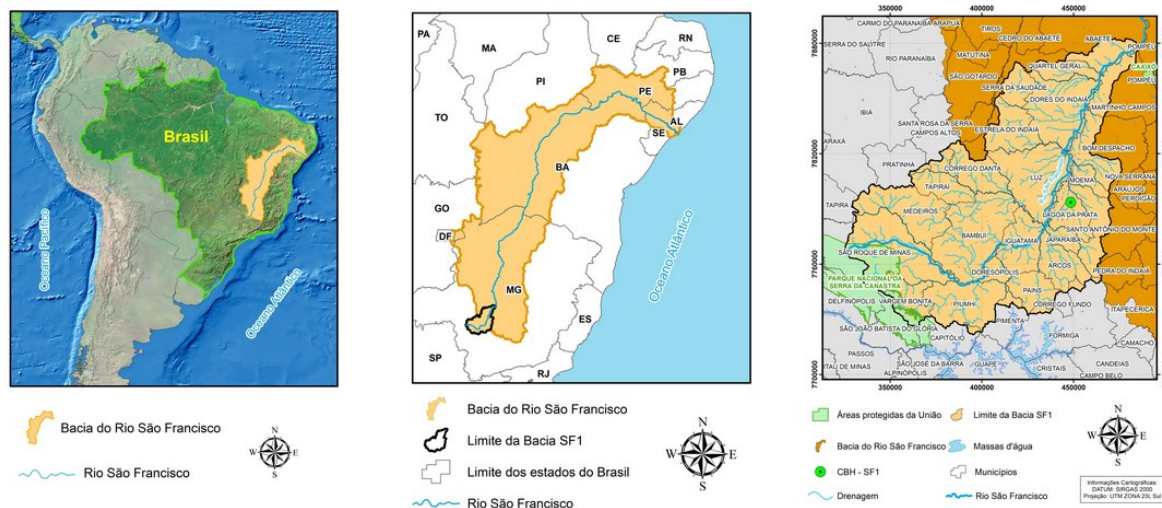
A escolha do local da pesquisa deveu-se pela importância da bacia do Rio São Francisco, neste caso, com foco na SF1 que é composta por 29 municípios, além de ser local de sua nascente histórica. De acordo com o PNRH (Brasil, 2006) apresenta fortes contrastes como a presença de agroindústrias e mineradoras no Alto e Médio em relação as demais áreas em seu decorrer. A análise da SF1 foi realizada com o intuito de verificar as informações, de forma representativa, no que tange aos dados do estado de Minas Gerais, em uma bacia hidrográfica expressiva. Esta circunscrição hidrográfica contempla as nascentes do Rio São Francisco e apresenta grande expressão histórica, cultural e na gestão dos recursos hídricos no estado.

A Bacia Hidrográfica SF1, em consonância com a descrição contida no site do Portal dos Comitês do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Minas Gerais, 2023a), apresenta as seguintes características: área total de 14.155,09 km², com abrangência nos municípios de Abaeté, Arcos, Bambuí, Bom Despacho, Campos Altos, Capitólio, Córrego Danta, Córrego Fundo, Dolores do Indaiá, Doloresópolis, 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 e Vargem Bonita. Com população total: 260.698 mil habitantes (urbana = 228.589 mil e rural = 32.109 mil) e densidade populacional: 16,1 hab./km², conforme Figura 1.



Figura 1

Mapas que apresentam a delimitação da Bacias do Rio São Francisco e SF1.



Fonte: CBHSF (2021).

Abordagem utilizada na coleta de dados é exploratória e descritiva, com análise documental quantitativa e qualitativa. As informações sobre a legislação e normatização sobre os recursos hídricos foi efetuada junto aos sites governamentais. A revisão sistemática da literatura científica, incluindo artigos, livros e relatórios relacionados a gestão de recursos hídricos foi realizada por meio de buscas em bases de dados acadêmicos em recursos online, por meio das bases de dados Scopus, Web of Science, Science Direct e Scielo. Com direcionamento para fontes relacionadas à gestão de recursos hídricos, outorgas, sustentabilidade hídrica e cadastros de usos insignificantes.

Os dados sobre outorgas e cadastros de uso considerados insignificantes, inerentes a quantidade, vazão e volume outorgado e cadastrado ao longo do período de 2018 a 2022 em Minas Gerais, foram obtidos por meio de fontes oficiais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) hospedados junto a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA) (Minas Gerais, 2023c; 2025). Os dados foram extraídos da IDE-SISEMA em formato de planilha: "XLSX. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG), por meio da Deliberação Normativa nº 66/2020 (Minas Gerais, 2020), definiu as Unidades Estratégicas de Gestão (UEGs), para fins de gestão, com ênfase no planejamento, as quais são compostas por Circunscrições Hidrográficas (CH).



Considerando o escopo do banco de dados de outorgas e cadastros disponíveis na IDE-SISEMA, no momento da primeira consulta e download dos dados realizados na data de 25/11/2023, verificou-se mudanças nas planilhas e dados, com redução do período e informações, em nova consulta em 03/01/2025. Neste contexto, considerando a análise comparativa entre outorgas e cadastros, em período e informações temporais similares, e observando que ocorreu uma mudança nos processos de análise e outorgas, e regularização de passivos existentes, com queda a partir do mês de maio de 2018, foi definido o período de 5 anos para análise (2018 a 2022), com melhor detalhamento adiante. Os dados de outorga inerentes ao ano de 2024 tiveram atualização até 02/04/2024 e os dados de cadastros anteriores ao ano de 2021 foram suprimidos da plataforma.

As variáveis analisadas foram o número de outorgas concedidas, por tipo superficial, subterrâneo, além da vazão e volume, e a quantidade de cadastros considerados de uso insignificantes de recursos hídricos, além da análise genérica dos dados por finalidade de uso.

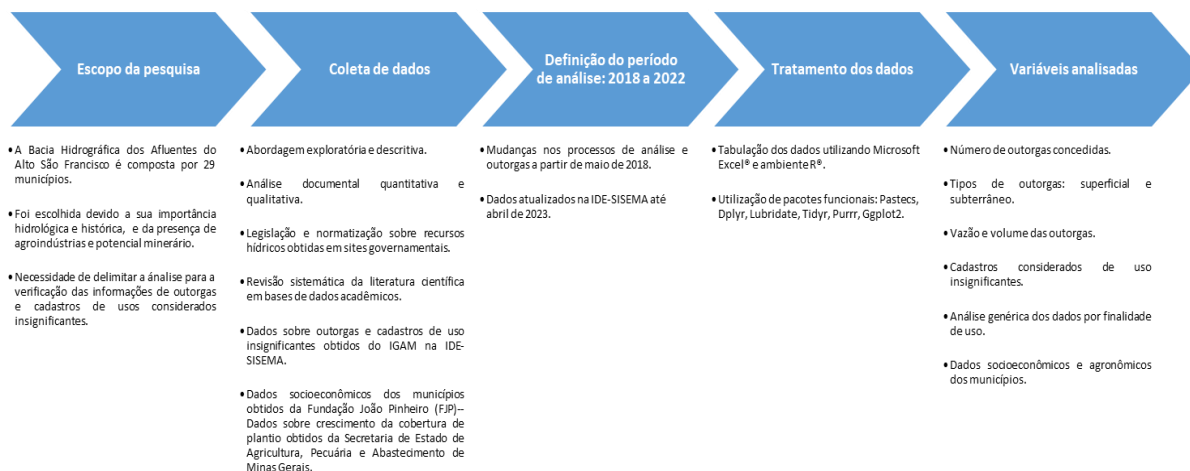
Observa-se que os dados disponibilizados na planilha (XLSX) extraída da IDE-SISEMA decorrem de um banco de dados com diversas entradas. Os dados disponibilizados na planilha possuem divergências nas medidas de vazão, sendo descritas em m³/s, m³/h, l/s e l/h. Não há apresentação do produto da multiplicação entre a vazão, o tempo, os dias da semana e os meses, sendo necessária a tabulação das informações e realização dos cálculos. As informações socioeconômicas dos municípios da bacia representativa do SF1, foram acesadas junto ao site da Fundação João Pinheiro, FJP (2023).

Para o tratamento dos dados, estes foram tabulados utilizando o Microsoft Excel®, licença Office 365 A1 for students (10032002F1DD7085), e ambiente “R®” (R Core Team, 2023), utilizando os seguintes pacotes funcionais: Pastecs e Lubridate (Grosjean; Ibanez, 2018), Dplyr (Wickham et al., 2023), TidyR (Wickham; Vaughan; Girlich, 2023), Purrr (Wickham; Henry, 2023), Ggplot2 (Wickham, 2016). A Figura 2 apresenta o fluxograma da metodologia aplicada.



Análise dos dados de outorga e cadastros da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco – SF1, contidos na IDE-Sisema

Figura 2
Fluxograma da metodologia aplicada.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da extração dos dados da IDE-SISEMA e da tabulação e tratamento dos dados utilizando-se do Microsoft Excel® e do ambiente “R®” foram obtidas a quantidades totais de outorgas e cadastros de uso considerados insignificantes no estado de Minas Gerais em série histórica.

Foram observados 51.745 lançamentos com 112 variáveis, para os dados de outorga e o total de 136.235 lançamentos com 90 variáveis para os cadastros de uso insignificantes. Destaca-se que dentre os cadastros de uso considerado insignificante, 11.327 lançamentos apresentam-se como não consuntivos. Contudo, apresentam como primeira finalidade de uso a dessedentação de animais.

Verifica-se que os usos consuntivos da água são aqueles que subtraem uma parte da disponibilidade hídrica em determinado ponto de captação. Tem-se como exemplos tradicionais de usos consuntivos aqueles destinados às finalidades de abastecimento de água doméstico, dessedentação de animais, uso industrial, irrigação de culturas (IGAM, 2010). Infere-se que a auto declaração dos usuários foi equivocada e que o sistema de lançamento não possui em seus campos parametrizados de informações regras que o impeçam de efetuar lançamentos desconformes a realidade. Está análise denota que não há um processo eficiente de ferramentas

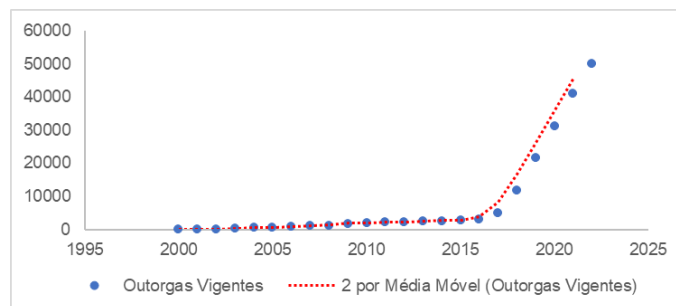


de fiscalização como auditoria dos lançamentos, com as adequações necessárias decorrentes apenas das vistorias “in loco”.

A Figura 3 apresenta o número de outorgas do ano 2000 ao ano de 2022, com uma linha de tendência com a média móvel em dois períodos. Considerando o aumento no número de outorgas vigentes em ritmo diferente de concessão de outorgas a partir do ano de 2018.

Figura 3

Total de outorgas vigentes em MG, período de 2000 a 2022.



Fonte: Adaptado de IDE-SISEMA. Minas Gerais (2023c).

Observa-se que houve um direcionamento na gestão hídrica do estado de Minas Gerais com foco da regularização de passivos existentes no processo de análise de outorgas em tramitação, no mês de maio de 2018 (IGAM, 2019), por meio da mudança de procedimentos e expedição.

Verifica-se uma curva acentuada crescente após o ano de 2015, que pode ser justificada por uma transição, no ano de 2018, dos procedimentos no sistema de regularização ambiental, no que tange aos processos de outorga. Neste contexto, passa-se a avaliar comparativamente os dados de outorga no período dos últimos cinco anos, em relação aos demais fatores ambientais a serem verificados.



Tabela 1

Total de outorgas e cadastros vigentes em MG, período de 2018 a 2022.

Ano	Outorgas	Cadastros	TOTAL
2018	10718	145	10863
2019	20139	158	20297
2020	30214	33186	63400
2021	40309	81090	121399
2022	48995	129983	178978

Fonte: Adaptado de IDE-SISEMA. Minas Gerais (2023c).

Para a realização da análise estatística descritiva os dados foram normalizados entre 0 e 1 (*Z Score*), com três casas decimais, por meio do uso do ambiente “R[®]”, com resultados descritos na Tabela 2.

Tabela 2

Análise dados de outorgas vigentes em MG, período de 2018 a 2022.

Análise	Quantidade
Mediana	0,51
Média	0,51
Desvio Padrão	0,40
Probabilidade Acumuladas	0,50
Densidade de Probabilidade	0,40
Estatística de Teste Shapiro-Wilk	0,98
Valor (p) Shapiro-Wilk	0,94

Fonte: Adaptado de IDE-SISEMA. Minas Gerais (2023c).

A diferença entre média e mediana é próxima de zero, sugere que a distribuição é mais simétrica. No que tange a estatística do teste de Shapiro-Wilk, a variável não diverge significativamente de uma distribuição normal.

Em relação aos dados de cadastros de uso considerados insignificantes, os dados analisados demonstram uma quantidade inferior de cadastros no ano de 2019 e anteriores, em comparação com os anos posteriores, conforme verifica-se na Tabela 1.



Considerando as diversas mudanças das plataformas para o protocolo inicial, este número, contido na IDE-SISEMA, possivelmente não indica a quantidade real existente naqueles anos (2018 e 2019), sendo desconsiderados para uma comparação entre outorgas e cadastros. Porém é nítido o aumento do número de cadastros que quase dobrou após o ano de 2020.

A Tabela 3, apresenta os dados segregados por UPGRH, entre os anos de 2020 e 2022, para as informações de outorgas e cadastros vigentes na bacia do Rio São Francisco.

Tabela 3

Total de outorgas e cadastros vigentes em MG, por UGPRH, período de 2020 a 2022.

Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – Rio São Francisco e Total Estadual	Outorgas			Cadastros		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
SF1: Alto rio São Francisco	441	1038	1397	913	2292	4038
SF2: Rio Pará	835	1618	2216	1870	4404	6995
SF3: Rio Paraopeba	887	1585	2231	1175	3069	4774
SF4: Entorno da represa Três Marias	657	1064	1317	672	1717	2907
SF5: Rio das Velhas	1528	2714	3990	946*	2309*	3430*
SF6: Rios Jequitai e Pacuí	376	502	622	407	1017	1762
SF7: Rio Paracatu	1913	2343	2624	1404*	3552	6087
SF8: Rio Urucuia	468	571	653	548	1226	2082
SF9: Rio Pandeiros	279	314	388	331	842	1386
SF10: Rio Verde Grande	910	1095	1299	980	2296	4303
Total MG	30214	40309	48995	33186	81090	129983

Fonte: Adaptado de IDE-SISEMA. Minas Gerais (2023c).

*UPGRH com cadastros de uso insignificante em menor número que outorgas.

Ressalta-se que as informações analisadas foram obtidas utilizando-se dados oficiais mesmo em relação a inadequação dos campos parametrizados para solicitação e expedição dos cadastros de uso de recursos hídricos, e a inferência da falta de auditoria das informações autodeclaradas.

Em análise precária, verifica-se que a relação do crescimento de cadastros de usos considerados insignificantes foi proporcionalmente superior às outorgas vigentes, no âmbito



estadual e na maioria da UGPRH, demonstrando um crescimento maior desta modalidade de regularização hídrica simplificada, em relação ao processo de outorga, nos três anos analisados. O que é preocupante, visto que a outorga é vista como fator chave para assegurar o direito equitativo e responsável de uso pelos seus usuários (Piazi et al. 2018).

A Bacia Hidrográfica SF1 apresentou na Tabela 3 proporção similar ao estado de Minas Gerais no que tange ao crescimento da regularização de recursos hídricos por meio do cadastro em detrimento da outorga, no triênio avaliado. Ratificando uma maior demanda por esta modalidade mais simplificada de autorização ambiental.

Com o propósito de obter uma compreensão abrangente das atividades socioeconômicas na Bacia Hidrográfica SF1, foram coletados dados junto à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Esses dados foram extraídos do estudo "Perfil do Agronegócio Mineiro", MINAS GERAIS (2023f), que oferece uma análise detalhada dos indicadores do agronegócio na região. Em paralelo, foram considerados os resultados de uma pesquisa conduzida pela Fundação João Pinheiro, abrangendo o estado de Minas Gerais, bem como os dados de outorga fornecidos pela IDE-SISEMA, especificamente relacionados à bacia hidrográfica SF1. A análise dos dados busca verificar fatores que são similares nos 29 municípios da Bacia Hidrográfica SF1, em relação a população, produto interno bruto (PIB) e cobertura de plantio, conforme Tabela 4.

Tabela 4

Informações sobre a Bacia Hidrográfica SF1, período de 2018 a 2022.

Ano	Outorgas	População	PIB (per capita em R\$)	Cobertura de plantio (ha)
2018	10718	15.915	25.948	765
2019	20139	15.996	27.627	778
2020	30214	16.074	31.178	790
2021	40309	16.149	36.657	793
2022	48995	15.917	31.237	730

Fonte: Adaptado de IDE-SISEMA e FJP. Minas Gerais, 2023.



Os resultados do teste de Shapiro-Wilk indicam que, para as variáveis normalizadas "Outorgas", "População", "PIB per capita" e "Cobertura de plantio", os valores p associados aos testes são todos superiores a 0,05. Isso sugere que não há evidências estatisticamente significativas para rejeitar a hipótese de que essas variáveis seguem uma distribuição normal. A análise de normalidade indica que as variáveis seguem distribuições normais, permitindo abordagens estatísticas mais robustas para correlação e previsão, revelando um aumento expressivo no número de outorgas concedidas na Bacia Hidrográfica SF1 entre 2018 e 2022, passando de 10.718 para 48.995, com o maior crescimento entre 2018 e 2020. Este aumento contrasta com a estabilidade relativa da população, que variou levemente, e com flutuações no PIB per capita, que apresentou um pico em 2021 (R\$ 36.657), seguido de uma queda em 2022. A cobertura de plantio, embora inicialmente crescente, também diminuiu em 2022. Este cenário aponta para uma intensificação no uso de recursos hídricos, possivelmente vinculada à pressão econômica e agrícola, mas sugere desafios na gestão, especialmente em um contexto de flutuações no PIB e diminuição da cobertura agrícola.

5 CONCLUSÃO

A análise dos dados na Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1) evidencia um aumento expressivo na regularização do uso de recursos hídricos por meio de cadastros considerados insignificantes, em detrimento das outorgas. A implementação da Deliberação Normativa CERH-MG nº 76/22, que definiu critérios para a regularização de captações de águas subterrâneas e usos simplificados, facilitou o acesso à regularização ambiental por parte dos usuários, mas também intensificou desafios relacionados à precisão e à verificação das informações autodeclaradas.

O crescimento proporcionalmente superior dos cadastros, quando comparado às outorgas, aponta para uma tendência de simplificação no processo de regularização, mas levanta preocupações quanto à gestão integrada e equitativa dos recursos hídricos. A ausência de auditorias robustas e de validação de dados autodeclarados no sistema de cadastro compromete a eficácia no controle dos usos não consuntivos e consuntivos, gerando possíveis riscos ao



equilíbrio hídrico na bacia. Apesar do aumento nas outorgas e cadastros, os desafios relacionados à fiscalização e monitoramento permanecem como barreiras significativas para uma gestão hídrica eficiente e sustentável. A estabilidade da população e as flutuações no PIB per capita e na cobertura de plantio sugerem que fatores econômicos e sociais desempenham papel importante na dinâmica hídrica da SF1, mas ainda carecem de uma correlação estatística sólida, considerando a discrepância destes com o crescente número de outorgas e cadastros.

Os resultados deste estudo destacam a importância de equilibrar eficiência administrativa com segurança hídrica. Recomenda-se a implementação de auditorias periódicas nos cadastros e a adoção de tecnologias de monitoramento para melhorar a rastreabilidade e a confiabilidade dos dados. Além disso, é fundamental fortalecer o papel das outorgas como instrumento de gestão hídrica em usos significativos, garantindo que a simplificação dos cadastros não comprometa o controle e a preservação dos recursos hídricos na SF1.

Por fim, a análise reflete a relevância de ajustar as políticas públicas para atender às demandas crescentes e às especificidades regionais da SF1, promovendo uma gestão hídrica mais sustentável e equitativa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. D. *et al.* Relação campo-cidade e dinâmica econômica nos municípios da APA do Rio Machado - MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 2, 2019. DOI <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29nespp164>.
- ANTÔNIO, L. *et al.* Uso de instrumento de suporte à tomada de decisão para gestão dos recursos hídricos no estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 20, n. 72, p. 315-325, 2019. DOI <https://doi.org/10.14393/RCG207241126>.
- ARAÚJO, J. C. *et al.* Water management causes increment of reservoir silting and reduction of water yield in the semiarid State of Ceará, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 121, p. 104102, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104102>.
- ÁVILA, P. A. *et al.* Relevance of strategic environmental assessment to Rio Grande basin management. **Cerne**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 225-232, 2018. DOI [10.1590/01047760201824032559](https://doi.org/10.1590/01047760201824032559).



- BORTOLETO, A. P. *et al.* A water-energy nexus analysis to a sustainable transition path for São Paulo State, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 319, p. 128697, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128697>.
- BOUMAN, T. *et al.* When worry about climate change leads to climate action: how values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. **Global Environmental Change**, Guildford, v. 62, p. 102061, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102061>.
- BRASIL. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022**: informe anual. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano nacional de recursos hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: volume 1. Brasília, DF: MMA, 2006.
- CEREZINI, M. T.; HANAI, F. Y. Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da lei das águas no Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 159-178, 2017. DOI <https://doi.org/10.14393/RCG>.
- CHIODI, R. E.; PINTO, S. M.; UEZU, A. Governance nexus water, energy and food and public spaces for social participation: a study applied to the context of the Cantareira Water Producing System. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 58, p. 40-62, 2021. DOI 10.5380/dma.v58i0.72730.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) e do enquadramento dos corpos de água para a bacia hidrográfica dos afluentes do Alto São Francisco**. Belo Horizonte: CBHSF, 2021. Disponível em: https://pdrhsf1.com.br/wp-content/uploads/2021/08/PDRH-SF1_R2_V2.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.
- DI MAURO, C. A.; MAGESTE, J. G.; LEMES, E. M. As bacias hidrográficas como critério para o planejamento territorial. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 472-482, 2017. DOI <https://doi.org/10.14393/RCG>.
- FJP - Fundação João Pinheiro. **Estatística e informações**. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/estatistica-e-informacoes/>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- GAVILAN, R. G.; CARO-CASTRO, J.; TRINANES, J. A new generation of real-time environmental monitoring systems to study the impact of El Niño on disease dynamics. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 81, p. 102924, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102924>.
- GROSJEAN, P.; IBANEZ, F. **Pastecs**: package for analysis of space-time ecological series. R package version 1.3.21. 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=pastecs>. Acesso em: 10 dez. 2023.



- HE, C.; HARDEN, C. P.; LIU, Y. Comparison of water resources management between China and the United States. **Geography and Sustainability**, Beijing, v. 1, n. 2, p. 98-108, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.04.002>.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Gestão e situação das águas de Minas Gerais: ciclo 2019 - 2022**. Belo Horizonte: IGAM, 2022.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Manual técnico e administrativo outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: IGAM, 2010.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Novos procedimentos para regularização de uso de recursos hídricos**. 2019. Disponível em: http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/r_2kIGqtwT5wADwgRZSCf5Qmd8CfDuyk.pdf. Acesso em: 26 nov. 2023.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Orientações para obtenção de outorga**. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/outorga/orientacoes-para-obtencao-de-outorga>. Acesso em: 25 nov. 2023a.
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Sistema de cadastro de uso insignificante de recursos hídricos**. Disponível em: <http://usoinsignificante.igam.mg.gov.br/mrhi/login.xhtml>. Acesso em: 25 nov. 2023b.
- JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 353-360, 2015. DOI <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000106299>.
- LEWIS, A. J. *et al.* Human perceptions of competing interests in springs ecosystem management on public land in southwestern United States. **Groundwater for Sustainable Development**, Toowoomba, v. 22, p. 100966, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100966>.
- MAPBIOMAS. **Projeto de mapeamento anual do uso e cobertura da terra no Brasil, o MapBiomass**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2021/08/23/superficie-de-agua-no-brasil-reduz-15-desde-o-inicio-dos-anos-90/>. Acesso em: 25 nov. 2023.
- MINAS GERAIS. **Bacia hidrográfica dos afluentes do Alto São Francisco (SF1)**. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf1>. Acesso em: 4 dez. 2023a.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 3 jul. 2004. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=209>. Acesso em: 26 nov. 2023.



- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH - MG nº 66, de 17 de novembro de 2020. Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 21 nov. 2020. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52900>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH - MG nº 76, de 19 de abril de 2022. Define os critérios para a regularização do uso de água subterrânea nas Circunscrições Hidrográficas do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 22 jun. 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56002>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- MINAS GERAIS. **Infraestrutura de dados espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**: outorgas de direito de uso de recursos hídricos (IGAM). Belo Horizonte: IGAM, 2025. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 25 nov. 2023.
- MINAS GERAIS. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Belo Horizonte, 1999. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- MINAS GERAIS. **Perfil do agronegócio mineiro**. Belo Horizonte: SEAPA, 2025. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/documento/perfil-do-agronegocio-mineiro>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- MOSER, S. C. Reflections on climate change communication research and practice in the second decade of the 21st century: what more is there to say? **Wiley Interdisciplinary Reviews: climate change**, Hoboken, v. 7, n. 3, p. 345-369, 2016. DOI <https://doi.org/10.1002/wcc.403>.
- NOBRE, C. A. *et al.* Some characteristics and Impacts of the drought and water crisis in southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 252-262, 2016. DOI 10.4236/jwarp.2016.82022.
- OGURA, A. P. *et al.* An overview of the sugarcane expansion in the state of São Paulo (Brazil) over the last two decades and its environmental impacts. **Sustainable Production and Consumption**, Manchester, v. 32, p. 66-75, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.04.010>.
- PIAZI, J.; LOPES, F. A.; RUCHKYS, Ú. de A. Qualidade das águas e outorgas superficiais no médio rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 55, p. 828-844, 2018. DOI <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n55p828-844>.



- R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- SALATI, E.; LEMOS, H. M. de. Água e o desenvolvimento sustentável. *In*: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 37-62.
- SANTOS, P. F.; BORGES, L. A. C. 30 anos em 30 dias: a desconstrução do licenciamento ambiental participativo em Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 2, 2017. DOI <https://doi.org/10.14393/SN-v29n2-2017-10>.
- SANTOS, V. de O.; NAVES, J. G. de P. Políticas públicas ambientais no contexto dos comitês de bacias hidrográficas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, p. 403-412, 2017. DOI <https://doi.org/10.14393/RCG>.
- SHENG, B. *et al.* Green infrastructure in water management: stakeholder perceptions from South East Queensland, Australia. **Cities**, London, v. 137, p. 104346, 2023. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104346>.
- SOUZA, V. A. S. de *et al.* Extreme rainfall events in Amazonia: the madeira river basin. **Remote Sensing Applications: society and environment**, Hong Kong, v. 18, p. 100316, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100316>.
- WHEELER, S. A.; OWENS, K.; ZUO, A. Is there public desire for a federal takeover of water resource management in Australia? **Water Research**, Oxford, v. 248, p. 120861, 2025. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120861>.
- WICKHAM, H. **Ggplot2**: elegant graphics for data analysis. New York: Springer-Verlag, 2016.
- WICKHAM, H. *et al.* **Dplyr**: a grammar of data manipulation. R package version 1.1.4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- WICKHAM, H.; HENRY, L. **Purrr**: functional programming tools. R package version 1.0.2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=purrr>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- WICKHAM, H.; VAUGHAN, D.; GIRLICH, M. **Tidyr**: tidy messy data. R package version 1.3.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>. Acesso em: 26 nov. 2023.

Artigo 2 - Redigido conforme norma do periódico científico - Versão publicada	
Título do artigo:	PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1
Autores:	Flávio Andreote dos Santos, Luís Antônio Coimbra Borges, Delba Helene Cunha Silva
Periódico:	<i>Revista de Gestão Social e Ambiental</i>
ISSN	1981-982X
DOI	https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-170



RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental

ISSN: 1981-982X

Submission date: 11/11/2024

Acceptance date: 01/13/2025

DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-170>

Organization: Interinstitutional Scientific Committee

Chief Editor: Ana Carolina Messias de Souza Ferreira da Costa

Assessment: Double Blind Review by SEER/OJS

PSA E RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA PEQUENOS PRODUTORES RURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA SF1

Flávio Andreote Dos Santos¹
Luís Antônio Coimbra Borges²
Delba Helene Cunha Silva³

RESUMO

Objetivo:

O objetivo principal do presente trabalho foi analisar os projetos de PSA na restauração de áreas degradadas, com foco na participação dos pequenos produtores rurais na bacia hidrográfica SF1.

Referencial Teórico: Fundamentado em pesquisa científica por levantamento de dados, revisão bibliográfica e de leis vigentes no primeiro momento e, posteriormente exploratória com dados locais da UPGRH-SF1.

Método: Foi utilizada conjunto de técnicas por pesquisa teórica em base de dados de periódicos científicos, e exploratório com coleta local e sites oficiais referente a Projetos de PSA (ANA).

Resultados e Discussão: Conforme dados apresentados, a UPGRH-SF1, apresenta-se em destaque no cenário nacional e estadual, no que tange ao PSA, com relação direta na mobilização social para os resultados obtidos.

Implicações da Pesquisa: Expõe a relevância do PSA para manutenção e ampliação de conservação ambiental e ressalta a necessidade de unir os interesses dos proprietários de terras e comunidades locais envolvidas.

Originalidade/Valor: O presente artigo ressalta a importância de projetos de PSA para restauração e conservação ambiental e sua manutenção por meio da inserção social de pequenos produtores rurais locais e da comunidade ao entorno, e a análise georreferenciada e multicritério da execução dos projetos.

Palavras-chave: Água, Pagamento por Serviços Ambientais, Conservação, SF1.

¹ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil . E-mail:

flavio.santos2@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0682-8234>

² Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: luiz.borges@ufla.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0344-5008>

³ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: delba.silva@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7947-4764>



PES AND THE RESTORATION OF DEGRADED AREAS: CHALLENGES AND PROSPECTS FOR SMALL RURAL PRODUCERS IN THE SF1 WATERSHED

ABSTRACT

Objective: The primary objective of this study was to analyze PES projects in the restoration of degraded areas, focusing on the participation of small rural producers in the SF1 watershed.

Theoretical Framework: This research is grounded in scientific studies through data collection, literature review, and analysis of existing laws in the initial phase, followed by exploratory research with local data from the SF1-WRB (Water Resources Management Unit).

Method: A combination of techniques was used, including theoretical research in scientific journal databases and exploratory research through local data collection and official websites related to PES Projects (ANA).

Results and Discussion: According to the presented data, the SF1-WRB stands out at both national and state levels in the context of PES, with a direct relationship between social mobilization and the achieved outcomes.

Research Implications: This study highlights the relevance of PES for maintaining and expanding environmental conservation, emphasizing the need to align the interests of landowners and local communities involved.

Originality/Value: This article emphasizes the importance of PES projects for environmental restoration and conservation, as well as their sustainability through the social inclusion of local small rural producers and surrounding communities. Additionally, it includes georeferenced and multi-criteria analysis of project implementation.

Keywords: Water, Payment for Environmental Services, Conservation, SF1.

PSA Y LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS: DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES RURALES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA SF1

RESUMEN

Objetivo: El objetivo principal de este estudio fue analizar los proyectos de PSA en la restauración de áreas degradadas, con un enfoque en la participación de pequeños productores rurales en la cuenca hidrográfica SF1.

Marco Teórico: Esta investigación se fundamenta en estudios científicos mediante la recopilación de datos, revisión bibliográfica y análisis de las leyes vigentes en una primera etapa, seguido de una investigación exploratoria con datos locales de la UGHR-SF1 (Unidad de Gestión de Recursos Hídricos).

Método: Se empleó una combinación de técnicas, incluida la investigación teórica en bases de datos de revistas científicas y la investigación exploratoria mediante la recopilación de datos locales y sitios web oficiales relacionados con Proyectos de PSA (ANA).

Resultados y Discusión: Según los datos presentados, la UGHR-SF1 se destaca en los ámbitos nacional y estatal en el contexto del PSA, con una relación directa entre la movilización social y los resultados alcanzados.

Implicaciones de la investigación: Este estudio resalta la relevancia del PSA para el mantenimiento y la ampliación de la conservación ambiental, subrayando la necesidad de alinear los intereses de los propietarios de tierras y las comunidades locales involucradas.



PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1

Originalidad/Valor: Este artículo destaca la importancia de los proyectos de PSA para la restauración y conservación ambiental, así como su sostenibilidad a través de la inclusión social de pequeños productores rurales locales y comunidades circundantes. Además, incluye un análisis georreferenciado y multicriterio de la ejecución de los proyectos.

Palabras clave: Agua, Pago por Servicios Ambientales, Conservación, SF1.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um fenômeno global que compromete os serviços ecossistêmicos fundamentais para a sustentabilidade do planeta. A crescente perda de biodiversidade, alterações climáticas e degradação do solo destacam a urgência em abordar esse problema. Observa-se que a escassez de água é um dos principais desafios mundiais, em decorrência do crescimento populacional e econômico, somada ao agravamento do aquecimento global em várias partes do mundo, Ambec et al. (2013).

O efeito desestabilizador das mudanças climáticas especificamente tornou-se um dos pontos mais prementes da agenda política global, Boto-García; Bucciol (2020) e Bouman et al. (2020) e Hackmann et al. (2014) e Moser (2016) e Wang et al. (2018). A restauração de áreas degradadas emerge como uma estratégia crucial para reverter esses impactos, promovendo a recuperação de ecossistemas e a manutenção de serviços ambientais vitais.

Dessa forma o PSA faz parte de um novo paradigma estratégico de conservação que reconhece a necessidade de unir os interesses dos proprietários de terras e de terceiros, em relação às abordagens tradicionais de conservação, conforme concluiu Wunder (2005):

“[...]os utilizadores dos serviços continuarão a impulsionar os PSA, mas a sua disponibilidade para pagar só aumentará se os regimes puderem demonstrar uma clara adicionalidade em relação às linhas de base cuidadosamente estabelecidas, se os processos de criação de confiança com os prestadores de serviços forem sustentados [...]”.

Sendo assim, busca-se analisar a restauração de áreas degradadas com foco na percepção dos pequenos produtores rurais da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH SF1, a qual comporta as nascentes do Rio São Francisco. O objetivo principal do presente trabalho foi analisar a eficiência e eficácia dos projetos de PSA na restauração de áreas degradadas, com foco na participação dos pequenos produtores rurais na bacia hidrográfica.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em relação a áreas degradadas em decorrência das atividades agropecuárias e silviculturais extensivas, sem o manejo adequado, tem-se diversos impactos negativos nas propriedades físicas do solo, como temperatura do solo, umidade, densidade aparente e infiltração de água, decorrente da conversão de floresta em pastagem, Thomaz et al. (2020).

A Organização das Nações Unidas (ONU) cita 17 (dezessete) objetivos para o desenvolvimento sustentável - ODS, para que governos, empresa e sociedade tenham direcionamento em suas ações. O 6º (sexto) objetivo é Água Limpa e Saneamento, que se relacionam diretamente com a pesquisa que é apresentada. Especificamente, a meta 6.6 é *“proteger e restaurar ecossistemas relacionados à água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos”*, ONU (2016).

Em consonância com os Princípios da *Society for Ecological Restoration International* – Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica SER, D. Gann et al. (2019), no que tange a restauração ecológica, com direcionamento para ações eficientes, eficazes e decorrentes da mobilização adequada, destaca-se: *“A restauração representa um comprometimento de terras e recursos a um indefinido longo prazo, de tal forma que a proposta de restaurar um ecossistema requer uma deliberação cuidadosa. As decisões coletivas têm maior probabilidade de serem acatadas e executadas que aquelas tomadas unilateralmente.”*.

No arcabouço normativo brasileiro destaca-se a Instrução Normativa ICMBIO nº 11/2014, BRASIL (2014), a qual define, para fins de cumprimento da legislação ambiental, procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada (PRAD), e prevê o PRAD-Simplificado para o pequeno imóvel rural. O projeto deve descrever os métodos de recuperação ou restauração da vegetação que deverão ser definidos em consonância com as características abióticas e bióticas da área impactada, seja esta perturbada ou degradada, sendo definidos os seguintes conceitos: *“I - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; II - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original;”*.



De forma análoga, o Manual Técnico do Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais PRA-MG, considera-se área alterada: aquela em que, após o impacto antrópico, ainda mantém capacidade de sua regeneração natural. E área degradada é aquela alterada em função de impacto antrópico, sem capacidade de regeneração natural, MINAS GERAIS (2021).

Os fatores locacionais, com ampla diversidade de relevo, tipos de solo, fitofisionomia, precipitação e drenagem hídrica, apresentam uma variabilidade regional quanto as características das áreas degradadas. Em pesquisa realizada nos imóveis na região dos Sistema Cantareira, Santana et al. (2023), forneceram evidências de que a qualidade física do solo é sensível a diferentes sistemas de uso e manejo da terra, apoiando as decisões no nível local, ou seja, na fazenda. Verificou-se que a abordagem Nexus, que correlaciona a interdependência entre os sistemas: hídrico, energético, alimentar e solo, pode otimizar o uso dos recursos naturais de forma sustentável e equitativa. Neste contexto, uma análise local integralizada dos fatores ambientais e antrópicos podem levar a um denominador comum de ganho nos serviços ecossistêmicos e socioeconômico.

As condições para recomposição, recuperação ou restauração com aproveitamento econômico de áreas listadas pelo Manual Técnico do Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais PRA-MG, MINAS GERAIS - IEF (2021), são as seguintes: recuperar as funções ecológicas da área, favorecer a regeneração natural das espécies nativas da região e evitar fatores de degradação do solo, dos recursos hídricos e da vegetação nativa. O projeto deve ter uma visão holística e prevêr medidas de contenção da erosão, preparo e recuperação do solo, revegetação da área com inclusão das espécies rasteiras, arbustivas e arbóreas, manutenção e monitoramento da área em recuperação, detalhando-se todos os tratamentos culturais e as intervenções necessárias durante o processo de recuperação, com a participação social local.

Em relação às fases de elaboração e execução de um projeto ratificamos os seguintes passos: a) Diagnosticar os fatores abióticos, bióticos e antrópicos relacionados, com análise georreferenciada e de multicritérios; b) Planejamento integrado com os proprietários, elaboração do projeto técnico e verificação das fontes de financiamento; c) Execução eficiente e eficaz do planejamento, por meio técnicos qualificados e insumos de qualidade; d) Monitoramento das atividades, avaliação dos indicadores, conservação e manutenção.

Os serviços ecossistêmicos, definidos como os benefícios diretos e indiretos proporcionados pelos ecossistemas, incluem a regulação do clima, polinização de culturas,



disponibilização e purificação da água, Costanza et al. (1998). O PSA é uma abordagem que visa compensar financeiramente a preservação desses serviços. Em relação aos impactos nos ativos não financeiros, percebidos pelos fornecedores de serviços ambientais, em quatro áreas de estudo de casos analisados, destaca-se conforme Grieg-Gran et al. (2005), a criação e fortalecimento de associações comunitárias, um aumento na segurança das terras contra invasões, a redução da erosão do solo e a proteção das fontes de água.

Verifica-se o sucesso do PSA em promover a restauração ambiental em diversas regiões do mundo, Landell-Mills; Porras (2002). As abordagens orientadas para o mercado ambiental, são cada vez mais comuns nos setores econômicos, tais como o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade, a proteção de bacias hidrográficas e os valores paisagísticos. Os pequenos produtores rurais, apesar de seu papel fundamental na produção de alimentos, enfrentam desafios financeiros e técnicos, Gómez-Baggethun et al. (2010). A Figura 1, apresenta três conjuntos de restrições ao desenvolvimento do mercado:

Figura 1

Conjuntos de restrições ao desenvolvimento do mercado ambiental.

Altos custos de transação	Demanda inadequada	Oferta inadequada
• direitos de propriedade pouco claros. • quadro regulatório inadequado/complexo. • ciência pouco clara. • participação de múltiplas partes interessadas. • falta de intermediários com boa relação custo-benefício. • resistência política.	• falta de evidências científicas de apoio. • existência de substitutos mais baratos. • falta de quadro regulatório • problemas de coordenação. • participação inadequada. • resistência cultural. • falta de financiamento.	• falta de capacidade para organizar a oferta. • falta de consciência da procura. • falta de provas científicas de apoio. • insegurança dos direitos de propriedade. • falta de financiamento para organizar a oferta. • resistência cultural.

Fonte: Adaptado de Landell-Mills & Porras, 2002.

Destaca-se dentre as restrições ao desenvolvimento um fator comum entre eles: os altos custos e a falta de financiamento. Situação que agrava a recuperação de áreas degradadas juntos aos pequenos produtores rurais. Observa-se que a resistência cultural está presente na oferta e demanda, o que pode demonstrar insegurança quanto as políticas aplicadas ao setor.



Outros pontos convergentes são os altos custos decorrentes da participação de pessoas e profissionais especializados, em um cenário de pouca participação em relação a demanda e, a falta de financiamento para organizar e a resistência cultural junto a oferta. Fatores que podem ser atenuados se houver um programa estruturado com fontes de financiamento e o engajamento social para a quebra de paradigmas e a consequente mudança, fortalecendo uma cultura ambiental mais sustentável. Em consonância, verifica-se o trabalho de Roe et al. (2013), uma pesquisa com mais de 1.000 profissionais de conservação e desenvolvimento indica: “... *um surpreendente consenso de opinião de que há uma ligação positiva entre a conservação da biodiversidade e a redução da pobreza.*”.

Em relação aos fatores locais para a execução do PSA existem diversas influências, como características físicas: inclinação, tipo de solo e drenagem. Além do valor recreativo, abertura da paisagem e acesso à água e estradas. Existem componentes espaciais para a prestação de serviços ecossistêmicos, conforme Brander; Koetse (2011 e Immerzeel et al. (2023): “*Isso significa que uma mudança para uma bioeconomia pode ter efeitos variados sobre o valor econômico total dos serviços ecossistêmicos, dependendo da localização.*”.

O mercado ambiental do PSA relacionados a revitalização e recuperação de bacias hidrográficas tem um foco na demanda por serviços ecossistêmicos, no que tange ao abastecimento hídricos e sua perenidade, em conformidade com Jardim; Bursztyn (2015):

“Quando produtores rurais não são capazes de fornecer serviços ambientais de qualidade e em quantidade suficiente para atender às demandas dos usuários de água a jusante, torna-se possível um cenário aberto às discussões de pagamentos para suprir as mudanças sugeridas no manejo de terras dos produtores a montante.”

Uma perspectiva mais econômica de conservação é apresentada pelo PSA, uma vez que o provedor do serviço ecossistêmico hídrico, no caso os produtores rurais, encontra no pagamento uma forma de estímulo para mudar, ou manter, o seu comportamento mais sustentável no que tange às questões ambientais, garantindo o equilíbrio ecológico de suas atividades produtivas, Jardim; Bursztyn (2015):

“Além disso, segundo as próprias características de um esquema de PSA, o provedor ambiental deve ser considerado peça-chave do processo, sendo envolvido em todas as suas etapas, desde a decisão de participar da iniciativa, que é voluntária, até o acompanhamento da execução e a manutenção das obras executadas.”



O Programa Conservador das Águas, no município de Extrema, estado de Minas Gerais, no Brasil, teve destaque por ser a primeira iniciativa municipal a realizar o PSA para proprietários rurais, com o intuito de possibilitar a garantia do fornecimento de serviços ambientais visando à melhoria dos recursos hídricos, Jardim; Bursztyn (2015): “[...] a escassez de água iminente em grandes centros urbanos é fator condicionante para priorizar áreas de atuação de programas de pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos.”.

Todavia, apesar do sistema Cantareira possibilitar a abordagem nexos água, energia e alimentos, ratificando os emergentes preceitos da Economia Verde no âmbito de organizações e fóruns, a governança e a mobilização social carecem de atenção. Os gestores na bacia hidrográfica, de forma geral, atual orientados por objetivos setoriais, Chiodi et al. (2021).

3. METODOLOGIA

A pesquisa buscou uma revisão sistemática da literatura científica, incluindo artigos, livros e relatórios governamentais relacionados a degradação ambiental, recuperação e restauração de áreas degradadas, PSA e participação de pequenos produtores. As buscas foram realizadas em bases de dados acadêmicos em recursos online, por meio das bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, *Science Direct* e *Scielo*;

Os textos encontrados foram organizados e realizada uma revisão crítica e destacando as informações relevantes para as áreas de interesse. Os métodos e resultados de estudos foram utilizados para compreender as limitações e oportunidades das abordagens existentes, com foco da UPGRH-SF1. Ênfase nas barreiras financeiras enfrentadas pelos pequenos produtores, avaliar a mobilização social em torno de projetos de PSA e analisar as políticas públicas relacionadas;

Verificou-se a participação da bacia hidrográfica SF1 nos programas e projetos de PSA. Principalmente, aqueles vinculados a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio de consulta às fontes de dados governamentais de acesso livre;

A disponibilidade de essências nativas, a serem utilizadas nos projetos de recuperação e PSA, foi obtida por meio da consulta a empresas e instituições fornecedoras na região da UPGRH-SF1.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dados compilados de estudos anteriores indicam a eficácia do PSA na restauração de áreas degradadas, ao atingir os objetivos almejados. E indicam uma abordagem mais pontual dentro da região a ser recuperada, com foco nas características ambientais, socioeconômicas e dos usos que o solo foi submetido, com uma maior sensibilização e mobilização social, com o intuito de aumentar a eficiência e efetividade dos projetos e programas. Em consulta as informações sobre PSA junto a à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), BRASIL (2024), obteve-se as seguintes informações descritas na Figura 2, com descrição do estado, da cidade e nome do projeto:

Figura 2

Projetos de PSA fomentados pela ANA, vigentes em 2024.

Estado	Cidade	Nome do Projeto
DF	Brasília	Projeto Produtor de Água no Pipiripau
DF	Brasília	Produtor de Água no Descoberto
GO	Goiânia	João Leite
GO	Rio Verde	Produtores de Água
MG	Bom Despacho	Projeto Recuperação do Rio Capivari
MG	Capitólio	Projeto Ambrósio
MG	Carmo do Cajuru	Projeto de Conservação de Água e Solo
MG	Doresópolis	Projeto Perobas
MG	Extrema	Conservador das Águas
MG	Formiga	Projeto Santuário das Águas
MG	Igarapé	Projeto Guardião dos Igarapés
MG	Luz	Projeto Produtor de Água Micro. Córrego da Velha
MG	Nova Serrana	Projeto Conservador das Águas
MG	Passos	Projeto Bocaina - Produtor de Água
MG	Pimenta	Projeto Oásis - Nascentes de Pimenta
MG	Piumhi	Projeto Araras



PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1

MG	Uberaba	Produtor de Água na bacia do Rio Mutum
MS	Campo Grande	Manancial Vivo
PA	Brasil Novo	Projeto Conservador das Águas
RJ	Resende	Projeto Rio Sesmaria
RS	Vera Cruz	Projeto Protetor das Águas
SC	Balneário Camboriú	Projeto Produtor de Água no Rio Camboriú
SE	Canindé do São Francisco	Projeto Produtor de Água
SP	Bauru	Conservador das Águas na Bacia do Rio Batalha
SP	Jaguariúna	Bacias Jaguariúna
SP	Joanópolis e Nazaré Paulista	Projeto Produtor de Água no PCJ
SP	Penápolis	Projeto Produtor de Água Ribeirão Lajeado
SP	Salesópolis	Produtor de Água Salesópolis
SP	São José dos Campos	Mais Água

Fonte: Adaptado dos dados da ANA, BRASIL (2023).

A análise dos resultados dos projetos de PSA nos estados brasileiros revela uma distribuição variada, destacando Minas Gerais (MG) como o estado com a maior representatividade, contribuindo com 44,8% do total de projetos. Esse cenário sugere um forte envolvimento e comprometimento de MG na implementação de programas de PSA.

Os estados do Distrito Federal (DF) e Goiás (GO) apresentam uma participação equitativa, ambos com 6,9%, indicando uma distribuição relativamente homogênea nesses estados. São Paulo (SP) se destaca como o segundo estado mais representativo, contribuindo com 20,7% dos projetos a nível nacional.

Outros estados, como Mato Grosso do Sul (MS), Pará (PA), Rio de Janeiro (RJ), Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Sergipe (SE), têm uma contribuição semelhante de 3,4% cada. Essa uniformidade sugere uma distribuição mais equitativa desses programas em diferentes regiões do país. Ao tabular as informações dos projetos de PSA vigentes junto a ANA, temos os seguintes resultados descritos na Tabela 1.



PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1

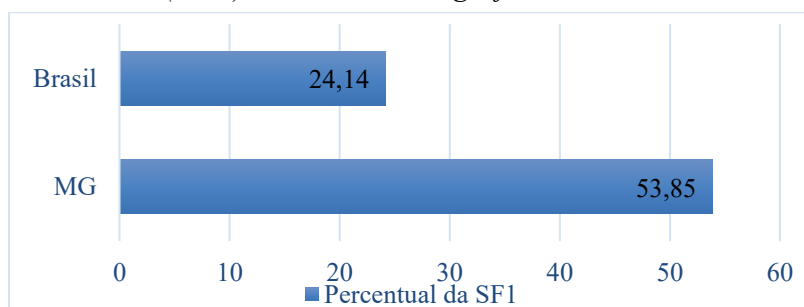
Tabela 1
Percentual por estado dos projetos de PSA (ANA).

Estado	Projetos	Percentual
DF	2	6,9%
GO	2	6,9%
MG	13	44,8%
MS	1	3,4%
PA	1	3,4%
RJ	1	3,4%
RS	1	3,4%
SC	1	3,4%
SE	1	3,4%
SP	6	20,7%
Total no Brasil	29	100%

Fonte: Adaptado dos dados da ANA, BRASIL (2024).

Verifica-se que no estado de Minas Gerais existem atualmente treze projetos com fomento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Deste total, sete projetos são desenvolvidos na Bacia Hidrográfica SF1. Percentualmente a SF1 representa 53,85% no total de projetos mineiros e 24,14% de todos os projetos brasileiros, conforme Figura 3.

Figura 3
Percentual de Projetos de PSA (ANA) na Bacia Hidrográfica.



Fonte: Adaptado dos dados da ANA, BRASIL (2024).



O Módulo fiscal é uma unidade de medida, em hectares, descrita individualmente para cada município, com valor fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), BRASIL (2023). A nível nacional o módulo fiscal varia de 5 a 110 hectares, considerando os seguintes fatores: o tipo de exploração predominante no município, a renda obtida no tipo de exploração predominante, outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada, o conceito de "propriedade familiar". Em relação aos municípios atualmente atendidos pelo PSA da ANA na UPGRH-SF1 a propriedade com até quatro módulos fiscais, considerada como pequena propriedade rural é inferior, em média nos municípios, a 140 hectares, conforme a EMPRAPA, BRASIL (2023). Para fins de licenciamento ambiental das atividades potencialmente e efetivamente poluidoras, todos os pequenos imóveis rurais dos municípios elencados estão abaixo de 200 hectares estabelecidos pela Deliberação Normativa do COPAM nº 217/2017, MINAS GERAIS (2017).

Com o objetivo de verificar a disponibilidade de mudas de essência nativa e o custo destas para o reflorestamento em áreas degradadas, foi realizada uma consulta com viveiros disponíveis junto aos municípios que integram a UPGRH-SF1. A intenção é verificar a disponibilidade de insumos florestais para a utilização na recuperação de áreas degradadas, seja esta vinculada ou não ao PSA.

Em consonância com as informações contidas no site oficial do Instituto Estadual de Florestas – IEF, do estado de Minas Gerais, dentre as suas atribuições a promoção da conservação e a recuperação da cobertura vegetal nativa, mediante o incentivo ao reflorestamento, MINAS GERAIS (2023). O Programa de Fomento Florestal desenvolvido tem como objetivos, promover a conservação, recuperação e o desenvolvimento florestal sustentável, por meio de três modalidades de fomento florestal: ambiental, socioambiental e social.

A doação de mudas pelo IEF/MG, com objetivo de atender ao programa de Fomento Florestal e ao Programa de Regularização Ambiental obedece às seguintes prioridades, priorizando o: *“Proprietário ou possuidores de imóveis rurais, com até quatro módulos fiscais, que aderirem ao PRA, em especial os agricultores familiares;”*.

Em consulta à Estação Ecológica Estadual Corumbá, localizada em Arcos/MG, foi ratificado que o fornecimento de mudas ocorre por meio de doações, e não podem ser para



atendimento de condicionantes do licenciamento ambiental, Termos de Ajustamento de Conduta ou Termo de Cooperação Técnica. Atualmente não há um banco de sementes, as mudas são produzidas a partir da coleta de sementes em campo, realizada por um funcionário responsável. O direcionamento da diretoria é que a demanda chegue previamente, e seja planejada a produção para atendê-la, ou seja, não há estoque de mudas para atender pedidos de fomento imediato, com lapso de tempo aproximado, da produção até a entrega, de um ano. O estoque atual é de 25.000 (vinte e cinco mil mudas) e a capacidade de produção anual é de 5.000 (cinco mil mudas). A relação de mudas disponíveis encontra-se contida na Figura 4.

Figura 4
Mudas produzidas na Estação Ecológica Estadual Corumbá.

Nome popular	Nome científico	Nome popular	Nome científico
Aroeira Vermelha	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Jenipapo	<i>Genipa americana</i>
Ameixa Amarela	<i>Ximenia americana</i>	Jequitibá Rosa	<i>Cariniana legalis</i>
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Jequitibá Branco	<i>Cariniana estrellensis</i>
Cafezinho	<i>Cassia ericoides</i>	Oiti	<i>Licania tomentosa</i>
Capitão do Campo	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Peroba Rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>
Grão de Galo	<i>Jacaranda decurrens</i>	Pitanga Vermelha	<i>Eugenia uniflora</i>
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Pororoca	<i>Roupala montana</i>
Ingá Laurina	<i>Inga laurina</i>	Sangra d'Água	<i>Croton urucurana</i>
Ingá Quatro Quinas	<i>Inga sessilis</i>	Timbó	<i>Serjania lethalis</i>
Ipê Amarelo	<i>Handroanthus albus</i>	Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>
Ipê Branco	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>
Ipê Roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Ipê Rosa	<i>Handroanthus spp</i>	Guanandi	<i>Calophyllum brasiliense</i>

Fonte: Consulta realizada pelos autores junto a Estação Ecológica Estadual Corumbá (2024).

O Viveiro de Mudas Nordeste Ltda. e os projetos da Associação Nordeste Reflorestamento e Educação ambos situados no município de Arcos/MG, atualmente operam com uma produção 350.000 (trezentos e cinquenta mil) mudas com aproximadamente 60 (sessenta) espécies. Possuem um banco de sementes com mais de 100 (cem) espécies, com aproximadamente 15 bilhões de unidades. A empresa comercializa as mudas no valor R\$4,90



(quatro reais e noventa centavos) no mix de espécies e, no valor R\$6,00 (seis reais) para a seleção de espécies.

A Associação Nordeste Reflorestamento e Educação trabalha com um projeto de crédito de carbono em consórcio com produtores rurais, com pagamento no período de dois anos, no valor de R\$1,00 (real) por árvore viva. Contudo, a área não pode ser vinculada a condicionantes ou multas ambientais. Atualmente operam com um projeto de produção de 200.000 (duzentas mil). A Figura 5 apresenta a relação de essências disponíveis no ano de 2024.

Figura 5

Espécies do Viveiro de Mudas Nordeste LTDA, em 2024.

Nome popular	Nome científico	Nome popular	Nome científico
Algodoeiro	<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Ipê Rosa Bola	<i>Handroanthus impetiginosus</i>
Almescla	<i>Protium heptaphyllum</i>	Jaboticaba	<i>Myrciaria jaboticaba</i>
Angico	<i>Anadenanthera falcata</i>	Jambo	<i>Syzygium jambos</i>
Araçá	<i>Psidium cattleianum</i>	Jambolão	<i>Syzygium cumini</i>
Aroeira Brava	<i>Lithraea molleoides</i>	Jatobá	<i>Hymenaea martiana</i>
Aroeira do Sertão	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Jenipapo	<i>Genipa americana</i>
Aroeira Vermelha	<i>Schinus terembinthifolia</i>	Leiteiro	<i>Sapium glandulosum</i>
Babosa Branca	<i>Cordia superba</i>	Mangue	<i>Calophyllum brasiliense</i>
Bacupari	<i>Garcinia gardneriana</i>	Moreira	<i>Maclura tinctoria</i>
Cabo Verde	<i>Senna macranthera</i>	Muchocho Crista Gali	<i>Erythrina Crstagali</i>
Cafezinho	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Muchocho Falcata	<i>Erythrina Falcata</i>
Canela Amarela	<i>Nectandra Lanceolata</i>	Mulungo	<i>Maclura tinctoria</i>
Canela Cheirosa	<i>Endlicheria paniculata</i>	Oléo de Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i>
Capixingui	<i>Croton floribundus</i>	Paineira Rosa	<i>Ceiba speciosa</i>
Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i>	Pau Cigarra	<i>Senna multijuga</i>
Embauba	<i>Cecropia hololeuca</i>	Pau Viola	<i>Citharexylum myrianthum</i>
Farinha Seca	<i>Peltophorum dubium</i>	Peroba Rosa	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Pororoca	<i>Rapanea gardneriana</i>
Ingá Branco	<i>Inga laurina</i>	Pururuca	<i>Casearia rupestris</i>
Inga da Capoeira	<i>Inga sessilis</i>	Saboneteira	<i>Sapindus saponaria</i>
Ipê Branco	<i>Tabebuia roseo-alba</i>	Saguaragi	<i>Columbrina Glandulosa</i>
Ipê Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i>	Sangra D'Água	<i>Croton urucurana</i>

Fonte: Consulta realizada pelos autores, junto ao Viveiro de Mudas Nordeste (2024).



A Associação Ambientalista do Alto São Francisco (ASF), com viveiro de mudas localizado no município de Lagoa da Prata/MG, possui atualmente uma capacidade operativa de 30.000 (trinta mil mudas), com espécies nativas, frutíferas e de arborização urbana. As mudas não são comercializadas, somente doadas. Há o fomento da Promotoria de Meio Ambiente, não havendo restrição quanto a área, seja esta regular ou em processo de regularização, em decorrência de condicionantes ou multas ambientais. A restrição está no direcionamento das mudas para pequenos produtores rurais, em razão do baixo poder aquisitivo. A ASF não possui banco de sementes, estas são coletadas conforme a demanda.

Os três viveiros de mudas verificados informaram que produziram ou tem condições de produzir mudas de essências nativas nas espécies: Trema (*Trema micranta*) e Mutamba (*Guazuma ulmifolia*). Contudo, somente a Nordeste possui sementes disponíveis os outros dois demanda da coleta de sementes em campo.

Além dos fornecedores de mudas acima, observa-se que a Bacia Hidrográfica SF1 é atendida por projetos de recuperação promovidos, de forma pontual, aos municípios que são atendidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), MINAS GERAIS (2022), por meio do programa Pró-Mananciais e pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), CODEVASF (2023). Todavia, o PSA do estado de Minas Gerais, denominado Bolsa Verde, teve um chamamento público no ano de 2011, MINAS GERAIS (2011), porém, sem o prosseguindo das ações. Atualmente a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) busca o *know-how* do PSA fomentado pela ANA para retomada no estado.

Conforme dados apresentados, a Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco, atualmente, apresenta-se em destaque no cenário nacional e estadual, no que tange ao PSA. E, em decorrência, na recuperação de áreas degradadas vinculadas aos serviços ecossistêmicos produtores de água. Infere-se que estes resultados sejam em consequência do processo de mobilização dos diversos atores envolvidos, sejam estes de instituições governamentais ou não-governamentais, considerando que não se verifica, atualmente, junto a UPGRH-SF1, recursos financeiros diversos daqueles que todas as regiões mineiras tem acesso.

O diferencial trata-se da motivação social em prol da manutenção dos mananciais, ou seja, da proteção ao fornecimento hídrico à jusante e da vinculação das nascentes ao fomento do Rio São Francisco. Todavia, há necessidade de demais estudos científicos para delinear áreas



prioritárias de recuperação, em uma análise sistêmica, de múltiplos critérios, e com nexos governamentais focados em políticas públicas perenes. Trabalhos não evidenciados, provavelmente decorrente dos poucos anos de execução dos projetos.

Está percepção é ratificada por Cartolano (2023), ao ressaltar-se que no contexto da gestão ambiental, os PSA são instrumentos econômicos estratégicos, que buscam reconhecer e recompensar os proprietários rurais e ou comunidades locais, decorrente das práticas de conservação de ecossistemas e restauração ambiental adotadas:

“Nesse contexto, a utilização de informações geoespaciais, aliada a indicadores técnicos e científicos, pode contribuir de forma substancial para aprimorar a análise e seleção dos imóveis que serão beneficiados pelos programas de PSA. A mensuração dos serviços ecossistêmicos com base em dados espaciais permite uma abordagem mais objetiva e transparente, considerando a localização geográfica, as características do ecossistema e a distribuição dos serviços ao longo do território. Essa abordagem mais técnico-científica promove uma melhor alocação dos recursos, garantindo que sejam direcionados para áreas de maior relevância em termos de serviços ecossistêmicos, maximizando os benefícios socioambientais e a sustentabilidade dos ecossistemas.”

A incorporação da utilização de informações geoespaciais, aliada a indicadores técnicos e científicos nos programas de PSA pode potencializar a eficácia e eficiência e contribuir para a conservação dos ecossistemas. Todavia, a necessidade da mobilização social, a qual surge como um fator crítico para o sucesso de projetos de PSA, demonstrando a importância da conscientização comunitária, Muradian et al. (2013). Neste contexto, ocorreria uma maximização dos esforços com desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental.

Em um cenário mundial, no Brasil e genericamente no estado de Minas Gerais, a participação é limitada dos pequenos produtores: destaque para a necessidade de subsídios e assistência técnica para superar as barreiras financeiras e técnicas. A necessidade da mobilização social como catalisadora para o envolvimento ativo dos produtores rurais, destacando a importância do engajamento comunitário. Em consonância com o cenário positivo evidenciado na Bacia Hidrográfica SF1. A educação ambiental poderia ampliar a sensibilização e mobilização, durante o desenvolvimento dos projetos. A avaliação crítica das políticas públicas existentes, propondo adaptações para torná-las mais inclusivas e acessíveis aos pequenos produtores.

Outro fator recente e relevante é a regulação do mercado brasileiro de créditos de carbono (BRASIL, 2024) que pode auxiliar a dar mais ênfase em ações de adicionalidade



relacionadas ao reflorestamento nativo, contenção de erosões do solo, entre outros pontos ambientais importantes que podem ser levantados dados de inventário, indicadores e monitoramento, além de integrar e mobilizar comunidades e produtores para um processo ganha-ganha.

Já há necessidade de conciliar os fatores socioeconômicos e ambientais nos projetos e programas de PSA para atender não somente um seguimento ou grupo de pessoas, mas sim, pautar-se também no conjunto entre conhecimentos técnicos, científicos e locais para a obtenção de melhores resultados, como o georreferenciamento das áreas e análises de multicritério para melhor definição das prioridades.

5. CONCLUSÃO

Resultados ressaltam a eficácia do PSA na restauração, mas identificam desafios significativos na inclusão de pequenos produtores.

A sensibilização e mobilização social são preponderantes para a ampliação e perenidade dos projetos e programas de PSA. Sendo observada a situação positiva da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco (SF1), o qual apresenta atualmente metade dos programas executados no estado de Minas Gerais e aproximadamente vinte e cinco por cento do escopo nacional.

Recomendações incluem a criação de políticas mais inclusivas e perenes, proporcionando suporte financeiro e técnico direcionado aos pequenos produtores, com aporte técnico e científico, por meio do georreferenciamento e análise de multicritérios da UPGRH-SF1.

Sugestões para pesquisas futuras abordam estudos de casos específicos e avaliação de impactos a longo prazo, com descrição da participação social, da evolução das obras e dos pagamentos realizados, visando aprimorar as práticas de PSA e possível criação de banco de dados que poderão dar subsídios a ações específicas para cada localidade.

REFERÊNCIAS

AMBEC, S.; DINAR, A.; MCKINNEY, D. Water sharing agreements sustainable to reduced flows. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 66, n. 3, p. 639–655, 2013. Academic Press. Acesso em: 18/11/2023.



- BOTO-GARCÍA, D.; BUCCIOL, A. Climate change: Personal responsibility and energy saving. *Ecological Economics*, v. 169, 2020. Elsevier B.V. Acesso em: 14/11/2023.
- BOUMAN, T.; VERSCHOOR, M.; ALBERS, C. J.; et al. When worry about climate change leads to climate action: How values, worry and personal responsibility relate to various climate actions. *Global Environmental Change*, v. 62, p. 102061, 2020. Pergamon. Acesso em: 14/11/2023.
- BRANDER, L. M.; KOETSE, M. J. The value of urban open space: meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results. *Journal of environmental management*, v. 92, n. 10, p. 2763–2773, 2011. *J Environ Manage.* Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21763064/>>. Acesso em: 18/11/2023.
- BRASIL. Módulos Fiscais - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>>. Acesso em: 4/12/2023.
- BRASIL. PSA — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-produtor-de-agua/psa-1>>. Acesso em: 4/12/2024.
- BRASIL, I. Instrução Normativa ICMBIO nº 11 - Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD, para fins de cumprimento da legislação ambiental. 2014.
- CARTOLANO, R. TORRES. Pagamento por serviços ambientais: Uma metodologia para identificação de imóveis rurais com potencial para prestação de serviços ecossistêmicos / Rafael Torres Cartolano, 2023. Acesso em: 19/11/2023.
- CHIODI, R. E.; PINTO, S. M.; UEZU, A. Governance nexus water, energy and food and public spaces for social participation: A study applied to the context of the Cantareira Water Producing System. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 58, p. 40–62, 2021. Universidade Federal do Paraná 1. Disponível em: <<moz-extension://b755bb8b-ca52-4fa9-b29e-e9dd66e829c4/enhanced-reader.html?pdf=https%3A%2F%2Fbrxt.mendeley.com%2Fdocument%2Fcontent%2F12e29fa8-96f1-3933-9c80-ed5191fabff1>>. Acesso em: 26/11/2023.
- CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba Codevasf. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/>>. Acesso em: 3/12/2023.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, v. 25, n. 1, p. 3–15, 1998. Elsevier. Acesso em: 18/11/2023.



- D. GANN, G.; MCDONALD, T.; BETHANIE, W.; ARONSON, J. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition., 2019. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.13035/supinfo>>.
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, v. 69, n. 6, p. 1209–1218, 2010. Elsevier. Acesso em: 18/11/2023.
- GRIEG-GRAN, M.; PORRAS, I.; WUNDER, S. How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America. *World Development*, v. 33, n. 9, p. 1511–1527, 2005. Pergamon. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X05000999>>. Acesso em: 18/11/2023.
- HACKMANN, H.; MOSER, S. C.; ST. CLAIR, A. L. The social heart of global environmental change. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 8, p. 653–655, 2014. Nature Publishing Group. Acesso em: 14/11/2023.
- IMMERZEEL, B.; VERMAAT, J. E.; COLLENTINE, D.; et al. The value of change: A scenario assessment of the effects of bioeconomy driven land use change on ecosystem service provision. *Catena*, v. 223, p. 106902, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106902>>. Acesso em: 14/11/2023.
- JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 353–360, 2015. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000300353&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 14/11/2023.
- LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I. T. Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor., 2002. Disponível em: <<http://www.earthprint.comhttp://www.iied.org>>. Acesso em: 18/11/2023.
- MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - Minas participa de Seminário sobre Pagamento por Serviços Ambientais em São Paulo. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1077-minas-participa-de-seminario-sobre-pagamento-por-servicos-ambientais-em-sao-paulo>>. Acesso em: 3/12/2023.
- MINAS GERAIS. Agência Minas Gerais | Copasa prevê investir R\$ 34 milhões na recuperação de nascentes em 2022., 2022. Disponível em: <<https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/copasa-preve-investir-r-34-milhoes-na-recuperacao-de-nascentes-em-2022>>. Acesso em: 3/12/2023.
- MINAS GERAIS. Instituto Estadual de Florestas - IEF - Fomento Florestal. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas/fomento-florestal>>. Acesso em: 19/11/2023.



- MINAS GERAIS. DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 217. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. 2017.
- MINAS GERAIS - IEF. PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DE MINAS GERAIS PRA - MG, MANUAL TÉCNICO. 2021.
- MOSER, S. C. Reflections on climate change communication research and practice in the second decade of the 21st century: What more is there to say? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 7, n. 3, p. 345–369, 2016. Wiley-Blackwell. Acesso em: 14/11/2023.
- MURADIAN, R.; ARSEL, M.; PELLEGRINI, L.; et al. Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions. *Conservation Letter*, v. 6, p. 274–279, 2013. Disponível em: <<https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-263X.2012.00309.x>>.
- ONU, U. N. The Sustainable Development Goals 2016., 2016. eSocialSciences. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:ess:wpaper:id:11456>>. Acesso em: 26/11/2023.
- ROE, D.; MOHAMMED, E. Y.; PORRAS, I.; GIULIANI, A. Linking biodiversity conservation and poverty reduction: De-polarizing the conservation-poverty debate. *Conservation Letters*, v. 6, n. 3, p. 162–171, 2013. Acesso em: 18/11/2023.
- SANTANA, M. L. T.; DOS SANTOS, F. F.; DE CARVALHO, K. M.; et al. Interactions between land use and soil type drive soil functions, highlighting water recharge potential, in the Cantareira System, Southeast of Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 903, p. 166125, 2023. Elsevier. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969723047502#bb0260>>. Acesso em: 26/11/2023.
- THOMAZ, E. L.; NUNES, D. D.; WATANABE, M. Effects of tropical forest conversion on soil and aquatic systems in southwestern Brazilian Amazonia: A synthesis. *Environmental Research*, v. 183, p. 109220, 2020. Academic Press. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0013935120301122>>. Acesso em: 26/11/2023.
- WANG, S.; LEVISTON, Z.; HURLSTONE, M.; LAWRENCE, C.; WALKER, I. Emotions predict policy support: Why it matters how people feel about climate change. *Global Environmental Change*, v. 50, p. 25–40, 2018. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095937801731004X>>. Acesso em: 14/11/2023.



PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1

WUNDER, S. Payments for environmental services: Some nuts and bolts., 2005. Disponível em: <<http://www.cifor.cgiar.org>>. Acesso em: 18/11/2023.

Artigo 3 - Redigido conforme norma do periódico científico - Versão publicada	
Título do artigo:	Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1
Autores:	Flávio Andreote dos Santos, Luís Antônio Coimbra Borges
Periódico:	<i>Revista de Gestão Social e Ambiental</i>
ISSN	1981-982X
DOI	https://doi.org/10.24857/rgsa.v20n5-013



RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental

ISSN: 1981-982X

Submission date: 2/13/2026

Acceptance date: 4/14/2026

DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v20n5-013>

Organization: Interinstitutional Scientific Committee

Chief Editor: Ana Carolina Messias de Souza Ferreira da Costa

Assessment: Double Blind Review by SEER/OJS

ÍNDICE COMPOSTO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL HÍDRICA (ICSA): AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MUNICIPAL NA UPGRH SF1

Flávio Andreote dos Santos¹
Luís Antônio Coimbra Borges²

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é desenvolver e aplicar um Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA) aos municípios da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco (UPGRH SF1), visando avaliar, de forma integrada, o desempenho ambiental hídrico municipal a partir de múltiplas dimensões.

Referencial Teórico: A pesquisa fundamenta-se nos conceitos de governança hídrica, gestão integrada de recursos hídricos e indicadores compostos, com base em diretrizes metodológicas consolidadas na literatura internacional, especialmente no que se refere à construção, normalização e agregação de variáveis multidimensionais aplicadas à sustentabilidade ambiental.

Método: O ICSA foi estruturado a partir de 14 subindicadores, organizados em cinco dimensões analíticas: governança institucional, saneamento e controle da poluição, conservação ambiental, informação e monitoramento e educação ambiental. Os dados foram obtidos de bases oficiais (SNIS, IBGE, ANA, IGAM) e normalizados em escala de 0 a 100. O índice foi calculado por média aritmética simples das dimensões, com pesos iguais, e analisado por meio de abordagem comparativa e espacial.

Resultados e Discussão: Os resultados evidenciaram elevada heterogeneidade entre os municípios da SF1, com forte influência da capacidade institucional sobre o desempenho ambiental. Observou-se que a ausência de sistemas de informação e planejamento compromete significativamente a sustentabilidade hídrica, independentemente da infraestrutura existente.

Implicações da Pesquisa: O estudo contribui para a gestão de recursos hídricos ao oferecer uma ferramenta integrada de avaliação territorial, com potencial de aplicação por comitês de bacia e órgãos ambientais no planejamento e monitoramento de políticas públicas.

Originalidade/Valor: A principal contribuição reside na integração de múltiplas dimensões em um índice aplicado a dados reais, permitindo avaliação comparativa e suporte à tomada de decisão em escala municipal.

Palavras-chave: recursos hídricos, indicadores compostos, sustentabilidade ambiental, governança hídrica, gestão municipal.

¹ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: flavio.santos2@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0682-8234>

² Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: luiz.borges@ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0344-5008>



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

COMPOSITE HYDRO-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDEX (ICSA): MUNICIPAL PERFORMANCE ASSESSMENT IN THE SF1 WATERSHED

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to develop and apply a Composite Hydro-Environmental Sustainability Index (ICSA) to the municipalities of the Water Planning and Management Unit of the Tributaries of the Upper São Francisco River (UPGRH SF1), aiming to assess municipal hydro-environmental performance in an integrated manner based on multiple dimensions.

Theoretical Framework: The research is grounded in the concepts of water governance, integrated water resources management, and composite indicators, based on internationally consolidated methodological guidelines, particularly regarding the construction, normalization, and aggregation of multidimensional variables applied to environmental sustainability.

Method: The ICSA was structured using 14 subindicators organized into five analytical dimensions: institutional governance, sanitation and pollution control, environmental conservation, information and monitoring, and environmental education. Data were obtained from official sources (SNIS, IBGE, ANA, IGAM) and normalized on a 0–100 scale. The index was calculated using the arithmetic mean of the dimensions, with equal weights, and analyzed through comparative and spatial approaches.

Results and Discussion: The results revealed significant heterogeneity among SF1 municipalities, with strong influence of institutional capacity on environmental performance. It was observed that the absence of information systems and planning significantly compromises hydro-environmental sustainability, regardless of existing infrastructure.

Research Implications: The study contributes to water resources management by providing an integrated tool for territorial assessment, with potential application by watershed committees and environmental agencies in planning and monitoring public policies.

Originality/Value: The main contribution lies in the integration of multiple dimensions into an index applied to real data, enabling comparative assessment and supporting decision-making at the municipal level.

Keywords: Water Resources, Composite Indicators, Environmental Sustainability, Water Governance, Municipal Management.

ÍNDICE COMPUESTO DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL HÍDRICA (ICSA): EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO MUNICIPAL EN LA UPGRH SF1

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es desarrollar y aplicar un Índice Compuesto de Sostenibilidad Hidroambiental (ICSA) a los municipios de la Unidad de Planificación y Gestión de Recursos Hídricos de los Afluentes del Alto São Francisco (UPGRH SF1), con el fin de evaluar, de manera integrada, el desempeño hidroambiental municipal a partir de múltiples dimensiones.

Referencial teórico: La investigación se fundamenta en los conceptos de gobernanza del agua, gestión integrada de los recursos hídricos e indicadores compuestos, con base en directrices metodológicas consolidadas en la literatura internacional, especialmente en lo que se refiere a la construcción, normalización y agregación de variables multidimensionales aplicadas a la sostenibilidad ambiental.



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Método: El ICSA fue estructurado a partir de 14 subindicadores, organizados en cinco dimensiones analíticas: gobernanza institucional, saneamiento y control de la contaminación, conservación ambiental, información y monitoreo, y educación ambiental. Los datos fueron obtenidos de fuentes oficiales (SNIS, IBGE, ANA, IGAM) y normalizados en una escala de 0 a 100. El índice fue calculado mediante la media aritmética de las dimensiones, con pesos iguales, y analizado a través de un enfoque comparativo y espacial.

Resultados y Discusión: Los resultados evidenciaron una elevada heterogeneidad entre los municipios de la SF1, con fuerte influencia de la capacidad institucional en el desempeño ambiental. Se observó que la ausencia de sistemas de información y de planificación compromete significativamente la sostenibilidad hidroambiental, independientemente de la infraestructura existente.

Implicaciones de la Investigación: El estudio contribuye a la gestión de los recursos hídricos al proporcionar una herramienta integrada de evaluación territorial, con potencial de aplicación por comités de cuenca y organismos ambientales en la planificación y el monitoreo de políticas públicas.

Originalidad/Valor: La principal contribución radica en la integración de múltiples dimensiones en un índice aplicado a datos reales, permitiendo la evaluación comparativa y el apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal.

Palabras clave: Gestión de Recursos Hídricos; Índice Compuesto de Sostenibilidad Ambiental; Sostenibilidad Hidroambiental; Gobernanza del Agua; Gestión Municipal del Agua.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

A gestão de recursos hídricos no Brasil consolidou-se, a partir da Lei nº 9.433/1997, como um modelo baseado na descentralização, participação e integração dos usos múltiplos da água, reconhecendo-a como bem público, limitado e dotado de valor econômico. Contudo, a existência formal de instrumentos como planos de recursos hídricos, enquadramento, outorga, cobrança e sistemas de informação não garante, por si só, a efetividade da gestão, sobretudo diante de assimetrias territoriais e limitações institucionais e informacionais.

Em Minas Gerais, essa problemática é intensificada pela heterogeneidade dos municípios. Na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco (UPGRH SF1), a complexidade decorre tanto de sua relevância estratégica quanto da desigual capacidade institucional para implementação de políticas ambientais e de saneamento. Trata-se de um território que exige instrumentos capazes de avaliar comparativamente o desempenho hídrico municipal.

A sustentabilidade hídrica municipal constitui um fenômeno multidimensional, resultante da interação entre governança, planejamento, conservação ambiental, produção de



informações e mobilização social, não sendo adequadamente explicada por variáveis isoladas. Nesse contexto, indicadores compostos destacam-se como ferramentas aptas a sintetizar essa complexidade em métricas comparáveis, integrando dimensões que condicionam a capacidade de gestão dos recursos hídricos.

No âmbito da UPGRH SF1, evidências empíricas apontam fragilidades na consistência dos dados de regularização hídrica, especialmente nos cadastros de uso insignificante e nas informações autodeclaradas, bem como a relevância de instrumentos como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na restauração ambiental. Ainda assim, observa-se lacuna metodológica na literatura, marcada pela predominância de análises setoriais e ausência de abordagens integradas voltadas à sustentabilidade hídrica municipal.

Diante disso, propõe-se o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), estruturado a partir de 14 subindicadores organizados em cinco dimensões: gestão institucional e governança; saneamento e controle da poluição; conservação ambiental; informação e monitoramento hídrico; e educação e mobilização ambiental. O índice busca sintetizar e comparar o desempenho hídrico municipal, alinhando-se aos principais problemas identificados na SF1, como erosão, resíduos, efluentes e deficiência de informações.

O ICSA constitui, assim, um instrumento de apoio à gestão, capaz de subsidiar planejamento, priorização de ações e monitoramento de políticas públicas, ao mesmo tempo em que contribui para uma abordagem integrada da sustentabilidade hídrica. Ao considerar a escala municipal, permite identificar assimetrias internas e compreender seus efeitos sobre a gestão regional, consolidando-se como ferramenta metodologicamente robusta e aplicada à realidade territorial da UPGRH SF1.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral deste estudo é desenvolver e aplicar um ICSA aos municípios da UPGRH SF1, de modo a avaliar o desempenho hídrico municipal a partir de dimensões institucionais, ambientais e informacionais.

Como objetivos específicos, o trabalho busca:

- a) estruturar o ICSA com base em 14 subindicadores organizados em cinco dimensões analíticas relevantes à gestão hídrica;



- b) normalizar e agregar os dados municipais em uma métrica comparável, obtendo escores por dimensão e um índice final por município;
- c) analisar o desempenho dos 29 municípios da SF1, identificando padrões, assimetrias e fragilidades;
- d) examinar a distribuição espacial dos resultados por meio de análise geoespacial;
- e) avaliar a aplicabilidade do ICSA como instrumento de apoio à gestão, ao planejamento e ao monitoramento de políticas públicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GOVERNANÇA DA ÁGUA E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A governança da água compreende os processos políticos, institucionais e administrativos que orientam a formulação e implementação de decisões sobre uso, controle e proteção dos recursos hídricos (OECD, 2015). No Brasil, esse modelo foi institucionalizado pela Lei nº 9.433/1997, baseada na descentralização, participação e usos múltiplos.

Apesar desse avanço, a efetividade da governança depende da articulação entre níveis de governo, da qualidade das informações e da capacidade administrativa dos entes envolvidos (PAHL-WOSTL, 2009; OECD, 2015). Deste modo, os municípios assumem papel central, sobretudo na implementação de políticas de saneamento, resíduos, ordenamento territorial e educação ambiental. Contudo, a heterogeneidade compromete a efetividade dos instrumentos de gestão, evidenciando a necessidade de abordagens integradas (ANA, 2023; SNIS, 2023).

2.2 INDICADORES COMPOSTOS COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE TERRITORIAL

Indicadores compostos são amplamente utilizados para sintetizar fenômenos complexos em métricas comparáveis, permitindo a integração de múltiplas variáveis (OECD, 2008; NARDO et al., 2005). Sua construção requer rigor metodológico nas etapas de definição conceitual, seleção de variáveis, normalização, ponderação e agregação, sob pena de comprometer a validade dos resultados.

No campo ambiental, esses índices têm sido aplicados na avaliação de sustentabilidade e desempenho territorial (ROGERS et al., 2020; LI et al., 2025), especialmente quando combinados com análise espacial. Contudo, sua aplicação à sustentabilidade hídrica em escala



municipal, com base em dados públicos, ainda é limitada, sobretudo em países em desenvolvimento.

2.3 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL HÍDRICA E ESCALA MUNICIPAL

A sustentabilidade hídrica refere-se à capacidade de garantir disponibilidade e qualidade da água ao longo do tempo, conciliando demandas humanas e preservação ambiental. Em escala municipal, depende diretamente da implementação de políticas públicas, como saneamento, gestão de resíduos, conservação ambiental e produção de informações.

No Brasil, persistem desigualdades significativas nesses aspectos, especialmente no acesso ao esgotamento sanitário e ao tratamento de efluentes (SNIS, 2023). Além disso, limitações nos sistemas de informação comprometem o monitoramento e a tomada de decisão (ANA, 2023). Estudos na UPGRH SF1 evidenciam fragilidades na qualidade dos dados de regularização hídrica e, simultaneamente, o papel de instrumentos como o PSA na melhoria do desempenho ambiental, ainda que com limitações operacionais (SANTOS et al., 2025a; 2025b).

2.4 LACUNA CIENTÍFICA E PROPOSIÇÃO DO ICSA

Apesar do avanço no uso de indicadores compostos, há lacuna na avaliação integrada da sustentabilidade hídrica em escala municipal no Brasil. A literatura concentra-se, em geral, em dimensões isoladas, sem integrar variáveis institucionais, ambientais e informacionais em uma única estrutura analítica. Nesse contexto, o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA) é proposto como instrumento de análise territorial, ao:

- a) integrar múltiplas dimensões da sustentabilidade hídrica em um único modelo;
- b) utilizar dados provenientes de bases oficiais;
- c) permitir a comparação entre municípios de uma mesma unidade hidrográfica;
- d) subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas ambientais.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de natureza exploratória e descritiva, com abordagem quantitativa, baseada em análise documental e comparação intermunicipal. O estudo foi desenvolvido na UPGRH SF1, em Minas Gerais, composta por 29 municípios,



selecionada em função de sua relevância hídrica e da disponibilidade de dados compatíveis com a construção de um índice composto em escala municipal.

O objetivo metodológico consistiu no desenvolvimento e aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA-SF1), concebido para sintetizar, em métrica comparável, diferentes dimensões da sustentabilidade hídrica. A construção do índice foi orientada por três premissas:

- a) a sustentabilidade hídrica municipal é um fenômeno multidimensional;
- b) a comparação entre municípios exige padronização dos dados em escala comum;
- c) a agregação dos indicadores deve preservar equilíbrio entre dimensões temáticas.

3.2 BASE CONCEITUAL DO MODELO

A estrutura do ICSA-SF1 fundamenta-se na literatura sobre governança da água, gestão integrada de recursos hídricos, sustentabilidade ambiental e construção de indicadores compostos, especialmente quanto às etapas de definição conceitual, seleção de variáveis, normalização e agregação.

Adicionalmente, o modelo foi alinhado ao diagnóstico do Plano Diretor de Recursos Hídricos da UPGRH SF1, incorporando problemas centrais da bacia, como erosão e sedimentação, poluição associada a resíduos e efluentes, e insuficiência de informações hidrológicas. Essa aderência assegura consistência entre o índice e a realidade territorial.

3.3 ESTRUTURA DO ICSA-SF1

O ICSA-SF1 foi estruturado a partir de 14 subindicadores, organizados em cinco dimensões: (A) gestão institucional e governança; (B) saneamento e controle da poluição; (C) conservação ambiental e recuperação; (D) informação e monitoramento hídrico; e (E) educação e mobilização ambiental.

A organização dimensional foi adotada para reduzir sobreposições e evitar vieses decorrentes da maior disponibilidade de dados em determinados temas, como saneamento. Assim, os subindicadores foram conceitualmente ajustados: instrumentos como o PMSB foram tratados como elementos de planejamento, e não como medida direta de desempenho; o monitoramento hídrico foi definido como produção de dados primários, enquanto o banco de



dados foi considerado expressão da capacidade municipal de gestão da informação.

3.4 SUBINDICADORES, JUSTIFICATIVA E FONTE DOS DADOS

O ICSA-SF1 foi estruturado a partir de 14 subindicadores, definidos com base em sua relevância para a sustentabilidade hídrica municipal, considerando dimensões institucionais, ambientais e informacionais. A seleção buscou representar, de forma integrada, fatores associados à governança, infraestrutura, conservação e produção de dados, utilizando fontes oficiais e dados comparáveis.

O subindicador S1 (adimplência pela cobrança pelo uso da água) representa a efetividade de instrumento econômico da política hídrica, ao refletir o valor da água e a capacidade de financiamento da gestão. S2 (ICMS ecológico) atua como proxy da inserção municipal em políticas de incentivo ambiental. S3 (instrumentos de planejamento ambiental) avalia a capacidade institucional de planejamento por meio da existência de planos formais. S4 (representatividade no CBH SF1) mensura a inserção do município nos espaços de governança.

No âmbito do saneamento e controle da poluição, S5 (coleta de esgoto) e S8 (tratamento de esgoto) refletem a infraestrutura e a efetividade ambiental do sistema, enquanto S6 (coleta seletiva) e S7 (destinação final de resíduos sólidos) indicam a qualidade da gestão de resíduos e seus impactos indiretos sobre os recursos hídricos. O subindicador S9 (PMGIRS) representa a capacidade de planejamento setorial na gestão de resíduos.

Na dimensão de conservação ambiental, S10 (controle de erosão e reflorestamento) está diretamente associado à redução de processos erosivos e assoreamento, problema relevante na bacia. S11 (programas de PSA hídrico) indica a adoção de instrumentos econômicos voltados à conservação e restauração ambiental.

Na dimensão informacional, S12 (banco de dados municipal sobre recursos hídricos) avalia a capacidade institucional de gestão da informação, enquanto S13 (monitoramento hídrico fluvial) representa a produção de dados primários sobre quantidade e qualidade da água.

Por fim, S14 (educação ambiental aplicada) expressa a dimensão social da sustentabilidade, associada à mobilização e à promoção de práticas ambientais.



Os dados foram obtidos a partir de bases oficiais, incluindo IGAM e CBH SF1 (S1, S4, S13), SEF-MG (S2), IBGE (S3, S10, S12, S14), SNIS (S5 a S9) e ANA (S11 e S13), garantindo padronização e comparabilidade entre os municípios analisados.

3.5 PADRONIZAÇÃO E NORMALIZAÇÃO DOS DADOS

Os 14 subindicadores foram convertidos para uma escala padronizada de 0 a 100, de modo a permitir comparabilidade entre variáveis com naturezas distintas. A opção por uma escala centesimal teve dois objetivos:

- a) facilitar a interpretação do índice por gestores e leitores não especializados;
- b) simplificar sua representação cartográfica e a classificação final dos municípios.

Os subindicadores foram tratados segundo sua natureza: variáveis binárias: receberam escores extremos ou discretos, conforme presença/ausência do atributo; variáveis ordinais: receberam escores graduados conforme classes previamente definidas; variáveis contínuas ou proporcionais: foram convertidas em faixas ou padronizadas conforme a escala adotada.

3.6 EQUAÇÕES E FÓRMULAS DO ICSA

O cálculo foi realizado em duas etapas: agregação dos subindicadores por dimensão (D) e cálculo do índice final.

$$ICSA = \frac{DA + DB + DC + DD + DE}{5} \quad (1)$$

onde:

ICSA = índice composto de sustentabilidade ambiental hídrica

DA = dimensão de gestão institucional e governança (S1 a S4)

DB = dimensão de saneamento e controle da poluição (S5 a S9)

DC = dimensão de conservação ambiental e recuperação (S10 e S11)

DD = dimensão de informação e monitoramento hídrico (S12 e S13)

DE = dimensão de educação e mobilização ambiental (S14)

S1 a S14 = subindicadores do modelo ICSA-SF1

3.7 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA DO MODELO ICSA

A ponderação do modelo foi definida com base no princípio da equidade estrutural, atribuindo pesos iguais aos subindicadores dentro de cada dimensão e pesos equivalentes entre



as dimensões. Essa abordagem visa evitar vieses subjetivos e reflete a natureza integrada da sustentabilidade, dependente de fatores institucionais, ambientais, operacionais e sociais.

A validação estatística buscou verificar a consistência interna do modelo e a adequação da ponderação adotada. Considerando a natureza mista dos dados, foram aplicados métodos não paramétricos. Inicialmente, utilizou-se a correlação de Spearman para identificar possíveis redundâncias entre subindicadores. Em seguida, realizou-se análise de agrupamento hierárquico (clusterização), com distância euclidiana e método de ligação média, visando identificar padrões de similaridade entre municípios e verificar a coerência empírica do modelo.

Os resultados da matriz de correlação indicaram associações predominantemente baixas a moderadas entre os subindicadores, sem evidência de redundância significativa. Correlações moderadas foram observadas entre variáveis de saneamento, o que é esperado dada a interdependência estrutural desse setor, não comprometendo a validade do índice.

A análise de agrupamento evidenciou a formação de clusters distintos, indicando heterogeneidade no desempenho ambiental entre os municípios. Observou-se tendência de agrupamento de municípios com melhores indicadores de governança, saneamento e monitoramento, enquanto municípios com menor capacidade estrutural formaram grupos próprios, demonstrando a sensibilidade do índice em captar desigualdades territoriais.

A convergência entre os padrões empíricos e a estrutura teórica do ICSA indica coerência interna do modelo, validando a seleção dos subindicadores e a estratégia de agregação. Os resultados reforçam que a utilização de pesos iguais não compromete a consistência do índice, sustentando sua robustez metodológica. Os resultados foram interpretados com base na magnitude dos coeficientes de correlação, priorizando relevância prática em detrimento de significância estatística isolada.

3.8 ANÁLISE GEOESPACIAL

A análise espacial foi realizada por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitindo a representação cartográfica do ICSA e de suas dimensões. Foram utilizadas bases geoespaciais do IBGE (2023), ANA (2023) e IGAM (2023), integradas aos dados dos subindicadores. O processamento e a elaboração dos mapas temáticos foram realizados no software QGIS (QGIS Development Team, 2024), possibilitando a identificação de padrões territoriais, concentrações de desempenho e desigualdades espaciais.



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

O ICSA-SF1 constitui um modelo de avaliação territorial baseado na integração de múltiplas dimensões da sustentabilidade hídrica municipal, estruturado a partir de dados empíricos, padronização estatística e análise espacial, permitindo a comparabilidade entre municípios e o suporte à tomada de decisão. A utilização de indicadores compostos como instrumento de síntese de fenômenos complexos é reconhecida na literatura, especialmente em estudos de sustentabilidade e governança ambiental (OECD, 2008; NARDO et al., 2005).

Adicionalmente, a incorporação de análise espacial por meio de Sistemas de Informação Geográfica amplia a capacidade interpretativa dos resultados, permitindo a identificação de padrões territoriais e desigualdades ambientais (LONGLEY et al., 2015; BURROUGH; MCDONNELL, 1998). Nesse sentido, a integração entre indicadores multidimensionais, tratamento estatístico e espacialização configura uma abordagem metodológica consistente para a avaliação da sustentabilidade hídrica em escala municipal. A Tabela 1 apresenta a estrutura dos subindicadores que compõem o ICSA-SF1, organizados por dimensão, incluindo tipologia, escala de mensuração, categorias de classificação e fontes de dados.

Tabela 1

Subindicadores, categorias e origem das informações do ICSA.

Dimensão	Subindicador	Unidade / Escala	Categorias / Faixas	Exemplo empírico (UPGRH SF1)	Fonte
Gestão institucional e governança	S1 – Adimplência pelo uso da água	% (0–100)	0–20; 21–40; 41–60; 61–80; 81–100	0% (Pimenta); 92,7% (Serra da Saudade)	CBH SF1 e IGAM
	S2 – ICMS ecológico	Sim/Não	Recebe / Não recebe	Recebe (maioria dos municípios)	SEF-MG
	S3 – Instrumentos de planejamento ambiental	Combinação	Nenhum; 1 instrumento; PD+PMSB; Completo	Completo (Luz); Ausente (Japaraíba)	IBGE
	S4 – Representatividade no CBH SF1	Classe	Não participa; Participa; Participa e vota	Vota e participa (Luz); Não participa (Campos Altos)	CBH SF1
Saneamento e controle da poluição	S5 – Coleta de esgoto	% (0–100)	0–20; 21–40; 41–60; 61–80; 81–100	>81% (Bom Despacho); <20% (diversos municípios)	SNIS
	S6 – Coleta seletiva	Nível	Ausente; Campanhas; Parcial; Total	Total (Formiga); Ausente (Tapiraí)	SNIS



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Dimensão	Subindicador	Unidade / Escala	Categorias / Faixas	Exemplo empírico (UPGRH SF1)	Fonte
	S7 – Destinação final de resíduos sólidos	Tipo	Lixão; Controlado; Aterro; Consórcio	Aterro sanitário (Arcos); Lixão (Pratinha)	SNIS
	S8 – Tratamento de esgoto sanitário	% (0–100)	0–20; 21–40; 41–60; 61–80; 81–100	100% (Bom Despacho); 0% (vários municípios)	SNIS
	S9 – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)	Nível	Inexistente; Existente; Atualizado; Implementado	Implementado (Bom Despacho); Inexistente (Campos Altos)	SNIS
Conservação ambiental	S10 – Controle de erosão e reflorestamento	Tipo	Nenhuma; Pontual; Contínua	Contínua (Arcos); Ausente (Córrego Danta)	IBGE
	S11 – Programas de PSA hídrico	Categoria	Sem PSA; PSA em execução; Múltiplos	Mais de um PSA (Formiga)	ANA
Informação e monitoramento hídrico	S12 – Banco de dados municipal sobre recursos hídricos	Grau	Inexistente; Parcial; Atualizado	Atualizado (Formiga); Inexistente (Tapiraí)	IBGE
	S13 – Monitoramento hídrico fluvial	Nível	Ausente; Indireto; Próximo; Próprio	Próprio (Formiga); Ausente (Pratinha)	ANA / IGAM
Educação e mobilização ambiental	S14 – Educação ambiental aplicada	Nível	Nenhuma; Pontual; Contínua; Programa regulamentado	Programa regulamentado (Formiga); Ausente (diversos)	IBGE

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), CBH SF1 (2026), IGAM (2026), SEF-MG (2026), IBGE (2024) e SNIS (2023a, 2023b).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram analisados de forma integrada a partir dos 14 subindicadores do ICSA-SF1, permitindo a avaliação comparativa dos municípios da UPGRH SF1. A apresentação baseou-se em tabela consolidada e análise espacial, possibilitando a identificação de padrões territoriais, assimetrias e relações entre as dimensões do índice (Tabela 2).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 2

Resultado dos subindicadores e ICSA por município da UPGRH SF1.

Município	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	ICSA
Abaeté	20	100	80	100	80	40	60	0	100	80	0	100	100	60	66
Arcos	80	100	80	0	80	60	100	80	100	100	0	100	100	100	77
Bambuí	100	100	80	100	80	60	60	60	80	80	0	80	100	60	74
Bom Despacho	40	100	100	100	100	60	100	100	100	100	80	100	80	100	90
Campos Altos	20	100	60	0	0	0	60	0	0	0	0	0	40	0	20
Capitólio	20	100	60	60	0	0	60	0	0	80	80	0	100	60	44
Córrego Danta	40	100	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	11
Córrego Fundo	20	100	80	0	0	0	20	0	0	0	0	0	80	60	26
Dores do Indaiá	80	100	40	20	100	40	60	100	100	80	0	100	80	40	67
Doresópolis	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	0	0	0	9
Estrela do Indaiá	80	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	10
Formiga	20	100	100	100	80	100	100	0	100	100	100	100	100	100	86
Iguatama	20	100	80	0	60	40	20	60	80	80	0	80	100	60	56
Japaraíba	20	100	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	13
Lagoa da Prata	40	100	80	100	100	100	100	100	100	80	0	100	80	60	81
Luz	80	100	100	100	100	60	60	80	100	100	80	100	100	100	90
Martinho Campos	80	100	80	60	80	60	60	80	80	80	0	80	80	60	70
Medeiros	60	100	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	13
Moema	40	100	40	20	80	60	60	60	60	0	0	60	0	40	44
Pains	100	100	60	0	60	60	100	60	80	0	0	80	100	60	61
Pimenta	20	100	60	100	80	0	20	60	100	80	80	100	100	0	64
Piumhi	80	100	80	100	80	60	100	80	100	80	80	100	100	100	89
Pratinha	20	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Quartel Geral	100	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	11
Santo Antônio do Monte	60	100	80	100	100	60	60	100	100	100	0	100	80	100	81
São Roque de Minas	80	100	60	100	40	40	60	0	0	80	80	0	100	60	57
Serra da Saudade	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Tapiraí	40	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Vargem Bonita	20	100	0	0	0	0	60	0	0	80	0	0	100	0	26

Resultado dos subindicadores e ICSA por município da UPGRH SF1.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), CBH SF1 (2026), IGAM (2026), SEF-MG (2026), IBGE (2024) e SNIS (2023a, 2023b).



A interpretação dos resultados foi orientada pela literatura sobre governança da água, sustentabilidade ambiental e indicadores compostos, buscando evidenciar não apenas os níveis de desempenho, mas também as relações estruturais entre os subindicadores e suas implicações para a gestão hídrica. Também foram consideradas limitações relacionadas à disponibilidade, padronização e confiabilidade dos dados secundários utilizados.

Os resultados evidenciam significativa heterogeneidade no desempenho ambiental hídrico, refletindo diferenças estruturais associadas à governança, ao saneamento, à conservação, à disponibilidade de informações e à educação ambiental. A padronização dos escores (0–100) permite análise comparativa e integrada, subsidiando a identificação de fragilidades e desigualdades territoriais.

A análise geoespacial dos subindicadores, detalhada no Apêndice, conforme link: https://drive.google.com/file/d/1rN_60hPNq1mv9jZxxpD2spxa0PbNKSMc/view?usp=sharing, revela padrões heterogêneos e fragmentados. No caso da adimplência, observa-se ausência de padrão espacial contínuo, com municípios de maior desempenho intercalados com localidades de baixo desempenho, indicando diferentes níveis de integração ao sistema de gestão hídrica. Esse comportamento evidencia elevada variabilidade no cumprimento dos instrumentos econômicos da política hídrica, sugerindo fragilidades na internalização do valor da água e na capacidade de articulação institucional.

A espacialização do ICSA confirma forte heterogeneidade intrabacia, sem formação de gradiente espacial contínuo. Os maiores escores destacam-se em Bom Despacho e Luz, seguidos por Piumhi, Formiga, Lagoa da Prata e Santo Antônio do Monte, todos classificados na faixa de desempenho muito alto. Em seguida, Arcos, Bambuí, Martinho Campos, Dolores do Indaiá, Abaeté, Pimenta e Pains configuram o grupo de desempenho alto, enquanto São Roque de Minas, Iguatama, Capitólio e Moema apresentam desempenho médio. Os menores índices aparecem de forma dispersa na UPGRH, entre municípios com classes baixa e muito baixa.

De forma geral, os resultados indicam que a sustentabilidade hídrica não depende exclusivamente da infraestrutura física, mas da articulação entre capacidade institucional, governança e produção de informações ambientais. Essa evidência reforça a premissa teórica de que a gestão de recursos hídricos, em contextos descentralizados, é condicionada pela qualidade das instituições e pela capacidade de coordenação entre os atores envolvidos.



Por dimensão, observam-se comportamentos distintos. Na governança, a adimplência apresenta padrão fragmentado, o ICMS Ecológico apresenta comportamento homogêneo e baixa capacidade discriminatória isolada, enquanto os instrumentos de planejamento ambiental e a participação no CBH demonstram maior capacidade de diferenciação territorial. Esses resultados evidenciam forte assimetria institucional entre os municípios, refletida na desigual capacidade de planejamento, gestão e inserção nos espaços de governança.

Na dimensão de saneamento e controle da poluição, observa-se proximidade entre coleta e tratamento de esgoto, porém sem equivalência, evidenciando que a existência de infraestrutura não implica necessariamente efetividade ambiental. Essa dimensão apresenta elevada capacidade de diferenciação entre os municípios e exerce influência significativa sobre o desempenho final do ICSA, em razão de sua relação direta com a qualidade ambiental hídrica.

Na gestão de resíduos sólidos, destacam-se contrastes na destinação final e padrões predominantemente intermediários na coleta seletiva, com o PMGIRS associado à maior organização administrativa, ainda que essa relação não se verifique de forma uniforme. Esses resultados indicam que a existência de instrumentos de planejamento não garante, por si só, sua implementação efetiva.

Na dimensão de conservação ambiental, ações de controle de erosão e reflorestamento concentram-se em municípios mais estruturados, enquanto o PSA hídrico apresenta forte seletividade espacial, com ocorrência restrita a poucos municípios. Esse padrão evidencia que os instrumentos econômicos de conservação ainda possuem baixa difusão na bacia, apresentando caráter incipiente e localizado.

Na dimensão de informação e monitoramento, banco de dados e monitoramento hídrico apresentam padrões distintos, reforçando a separação conceitual entre produção de dados e capacidade institucional de gestão da informação. A ausência de sistemas estruturados de informação compromete a capacidade de planejamento e tomada de decisão baseada em evidências, configurando-se como fator limitante da sustentabilidade hídrica.

Já na dimensão de educação e mobilização ambiental, observa-se concentração de melhores resultados em municípios mais estruturados, com baixa difusão territorial. Esse comportamento indica que a dimensão social da sustentabilidade ainda não se encontra consolidada de forma homogênea na unidade hidrográfica.

De forma integrada, os resultados evidenciam que o desempenho elevado no ICSA está associado à convergência simultânea entre múltiplas dimensões estruturais, enquanto os baixos



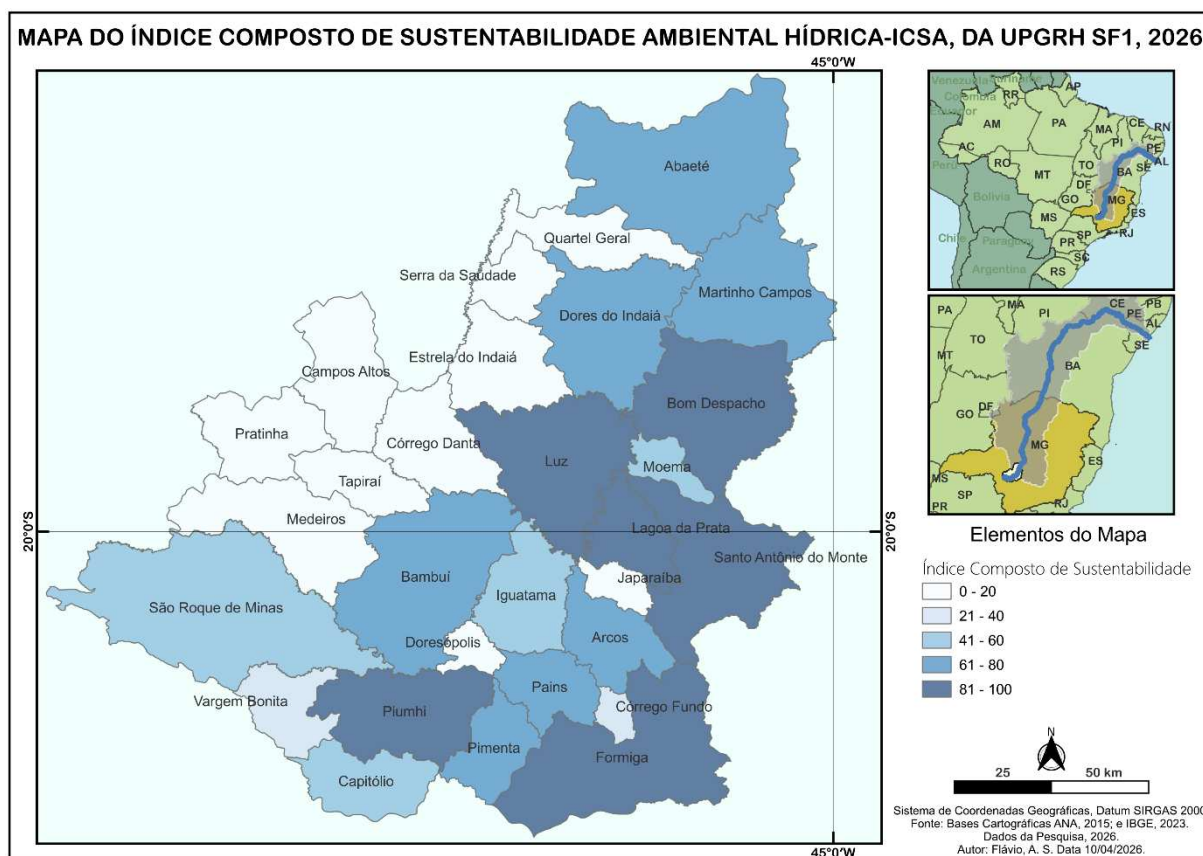
Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

índices refletem a acumulação de fragilidades sistêmicas. Esse comportamento confirma a natureza multidimensional da sustentabilidade hídrica e reforça a necessidade de abordagens integradas na análise e na gestão dos recursos hídricos.

A Figura 1 apresenta a espacialização do ICSA na UPGRH SF1, com classes graduadas de desempenho (0–20 a 81–100), permitindo a visualização comparativa entre os municípios e a identificação de padrões espaciais relevantes.

Figura 1

Mapa com o resultado do ICSA por município da UPGRH – SF1, 2026.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), CBH SF1 (2026), IGAM (2026), SEF-MG (2026), IBGE (2024) e SNIS (2023a, 2023b).

A análise do mapa indica uma distribuição espacial heterogênea do ICSA, sem a formação de um padrão contínuo ou claramente regionalizado. Observa-se a coexistência de municípios com alto desempenho (classes superiores) próximos a outros com desempenho intermediário ou reduzido, caracterizando um mosaico territorial de sustentabilidade ambiental.



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Destacam-se concentrações pontuais de municípios com melhores índices, distribuídas de forma descontínua no território e sem configuração de eixo regional consolidado, enquanto áreas com menores valores aparecem de forma dispersa, incluindo municípios com níveis críticos de desempenho associados à ausência de estrutura institucional e ambiental mínima.

Essa configuração espacial reforça o caráter multidimensional do ICSA, uma vez que o desempenho final resulta da combinação de variáveis institucionais, ambientais e de infraestrutura, que não se distribuem de forma uniforme no território. Observa-se, adicionalmente, que os padrões espaciais do índice são fortemente influenciados pelas condições de saneamento e governança, sem prejuízo da contribuição das demais dimensões.

Dessa forma, o mapa evidencia que a sustentabilidade hídrica municipal na UPGRH SF1 é marcada por desigualdades espaciais relevantes, indicando a necessidade de abordagens diferenciadas de gestão e priorização de políticas públicas, ajustadas às especificidades locais.

Adicionalmente, a análise geoespacial do ICSA permite identificar áreas estratégicas para intervenção e monitoramento, contribuindo diretamente para o planejamento territorial e para a tomada de decisão. Em etapa subsequente, o modelo pode ser adaptado para a avaliação de empreendimentos e consumidores de recursos hídricos, ampliando seu escopo de aplicação.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver e aplicar o Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA) para a avaliação dos municípios da UPGRH SF1, estruturando um modelo integrado capaz de representar, de forma sistematizada, múltiplas dimensões da sustentabilidade hídrica. Os resultados demonstram que o ICSA é eficaz na identificação de padrões territoriais diferenciados, evidenciando significativa heterogeneidade entre os municípios e permitindo uma leitura comparativa do desempenho ambiental hídrico.

Os achados indicam que os maiores níveis de sustentabilidade, observados em municípios como Bom Despacho, Luz, Piumhi, Formiga, Lagoa da Prata e Santo Antônio do Monte, decorrem da convergência entre governança ativa, infraestrutura de saneamento, capacidade informacional e ações de conservação, enquanto os menores índices refletem a acumulação de fragilidades estruturais em múltiplas dimensões. Nesse contexto, destacam-se como pontos críticos a irregularidade na adimplência pela cobrança pelo uso da água,



evidenciando limitações na integração dos municípios aos instrumentos econômicos da política hídrica, bem como a baixa difusão e a concentração espacial dos programas de PSA.

A análise geoespacial reforça esse diagnóstico ao evidenciar que tais instrumentos não apresentam distribuição territorial equilibrada, mas sim padrões localizados, associados à maior capacidade institucional e articulação político-administrativa. De forma consistente com os resultados obtidos, observa-se que o desempenho elevado no ICSA está associado à convergência simultânea entre múltiplas dimensões estruturais, enquanto os baixos índices refletem a acumulação de fragilidades sistêmicas, confirmando o caráter multidimensional.

Para além do diagnóstico, o ICSA apresenta relevante potencial como instrumento de sensibilização e indução de políticas públicas. Ao explicitar, de forma objetiva e comparável, o desempenho municipal, o índice contribui para estimular a adesão aos instrumentos da política de recursos hídricos, especialmente no que se refere à adimplência, à participação nos comitês de bacia, à ampliação de programas de PSA e à estruturação de sistemas de informação. Esse caráter indutor amplia o papel do ICSA, que deixa de ser apenas um instrumento avaliativo e passa a atuar como mecanismo de mobilização institucional e promoção de melhoria contínua.

Do ponto de vista aplicado, o modelo enseja a criação de sistemas de certificação ambiental hídrica, capazes de reconhecer e valorizar os municípios com melhores desempenhos, ao mesmo tempo em que orienta aqueles com maiores fragilidades. Adicionalmente, o modelo apresenta potencial de adaptação para avaliação de usuários de recursos hídricos, especialmente empreendimentos, ampliando seu escopo para além da escala municipal e contribuindo para a indução de práticas sustentáveis no setor produtivo. Essa perspectiva fortalece a governança ambiental ao alinhar avaliação, incentivo e reconhecimento, tanto no âmbito público quanto privado.

Por fim, destaca-se que o ICSA apresenta elevada capacidade de replicação e adaptação para outras unidades de gestão e escalas territoriais, configurando-se como ferramenta estratégica para o planejamento, monitoramento e avaliação da sustentabilidade hídrica. A pesquisa abre possibilidades para avanços futuros, especialmente na validação estatística dos pesos, no aprimoramento dos subindicadores e na integração do índice com instrumentos normativos e políticas públicas, consolidando seu papel como base técnica para modelos inovadores de gestão e certificação ambiental.



REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2021). Manual de implementação de programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2023). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023. ANA.
- Brasil. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Brasil. (2021). Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco (CBH-SF1). (2021). Plano diretor de recursos hídricos da UPGRH SF1. CBH-SF1.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). Perfil dos municípios brasileiros: Gestão pública. IBGE.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). (2022). Relatório de gestão dos recursos hídricos de Minas Gerais. IGAM.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). (2023). Cobrança pelo uso de recursos hídricos em Minas Gerais. IGAM.
- Li, X., Zhang, Y., Wang, H., & Chen, L. (2025). Urban environmental sustainability assessment using composite indicators. *Journal of Environmental Management*, 350, 119845.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. European Commission.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2015). OECD principles on water governance. OECD Publishing.



- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365.
- QGIS Development Team. (2024). QGIS Geographic Information System (Version 3.x) [Software]. Open Source Geospatial Foundation. <https://qgis.org>
- Rogers, P., Jalal, K., & Boyd, J. (2020). *An introduction to sustainable development* (2nd ed.). Routledge.
- Santos, F. A. D., Borges, L. A. C., & Silva, D. H. C. (2025a). Analysis of granting and registration data from the watershed of the tributaries of the Upper São Francisco River – SF1, contained in the IDE-SISEMA. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), e010856. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-067>
- Santos, F. A. D., Borges, L. A. C., & Silva, D. H. C. (2025b). PES and the restoration of degraded areas: Challenges and prospects for small rural producers in the SF1 watershed. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), e011099. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-170>
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). (2023a). Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2022. Ministério das Cidades.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). (2023b). Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos 2022. Ministério das Cidades.
- Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais (SEF-MG). (2023). ICMS Ecológico em Minas Gerais. SEF-MG.



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

**ÍNDICE COMPOSTO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL HÍDRICA (ICSA):
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MUNICIPAL NA UPGRH SF1**

APÊNDICE ÚNICO

Tabela 1

Resultado do Subindicador Adimplência da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos por município da UPGRH SF1, 2025.

Município	Taxa de Adimplência (%)	Classe de Adimplência	Índice
Abaeté	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Arcos	65,1%	Alta (61%–80%)	80
Bambuí	87,0%	Muito Alta (81%–100%)	100
Bom Despacho	39,3%	Baixa (21%–40%)	40
Campos Altos	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Capitólio	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Córrego Danta	23,4%	Baixa (21%–40%)	40
Córrego Fundo	16,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Dores do Indaiá	65,8%	Alta (61%–80%)	80
Doresópolis	12,4%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Estrela do Indaiá	70,0%	Alta (61%–80%)	80
Formiga	11,8%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Iguatama	7,7%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Japaraíba	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Lagoa da Prata	27,9%	Baixa (21%–40%)	40
Luz	61,1%	Alta (61%–80%)	80
Martinho Campos	66,2%	Alta (61%–80%)	80
Medeiros	57,7%	Média (41%–60%)	60
Moema	25,7%	Baixa (21%–40%)	40



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Município	Taxa de Adimplência (%)	Classe de Adimplência	Índice
Pains	82,5%	Muito Alta (81%–100%)	100
Pimenta	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Piumhi	78,0%	Alta (61%–80%)	80
Pratinha	0,0%	Muito Baixa (0%–20%)	20
Quartel Geral	84,2%	Muito Alta (81%–100%)	100
Santo Antônio do Monte	42,5%	Média (41%–60%)	60
São Roque de Minas	73,7%	Alta (61%–80%)	80
Serra da Saudade	92,7%	Muito Alta (81%–100%)	100
Tapiraí	30,5%	Baixa (21%–40%)	40
Vargem Bonita	6,2%	Muito Baixa (0%–20%)	20

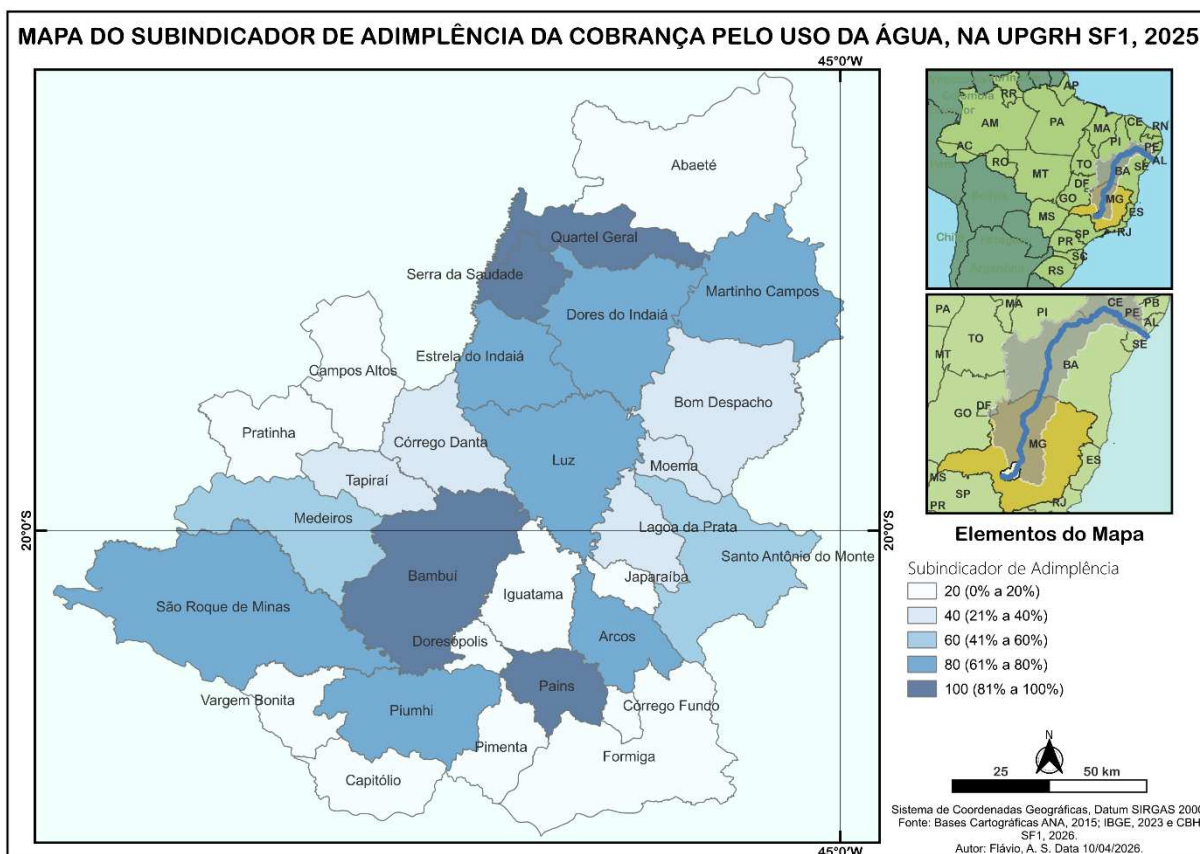
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), CBH SF1 (2026) e IGAM (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 1

Mapa do Subindicador Adimplência da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos por município da UPGRH SF1, 2025.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), CBH SF1 (2026) e IGAM (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 2

Resultado do Subindicador de Recebimento do ICMS Ecológico por município da UPGRH SF1, 2025.

Município	Recebimento de ICMS Ecológico (2025)	Índice
Abaeté	Sim	100
Arcos	Sim	100
BambuÍ	Sim	100
Bom Despacho	Sim	100
Campos Altos	Sim	100
CapitÓlio	Sim	100
CÓrrego Danta	Sim	100
CÓrrego Fundo	Sim	100
Dores do Indaiá	Sim	100
Doresópolis	Não	0
Estrela do Indaiá	Não	0
Formiga	Sim	100
Iguatama	Sim	100
JaparaÍba	Sim	100
Lagoa da Prata	Sim	100
Luz	Sim	100
Martinho Campos	Sim	100
Medeiros	Sim	100
Moema	Sim	100
Pains	Sim	100
Pimenta	Sim	100
Piumhi	Sim	100
Pratinha	Sim	100
Quartel Geral	Não	0
Santo Antônio do Monte	Sim	100
São Roque de Minas	Sim	100
Serra da Saudade	Não	0
TapiraÍ	Sim	100
Vargem Bonita	Sim	100

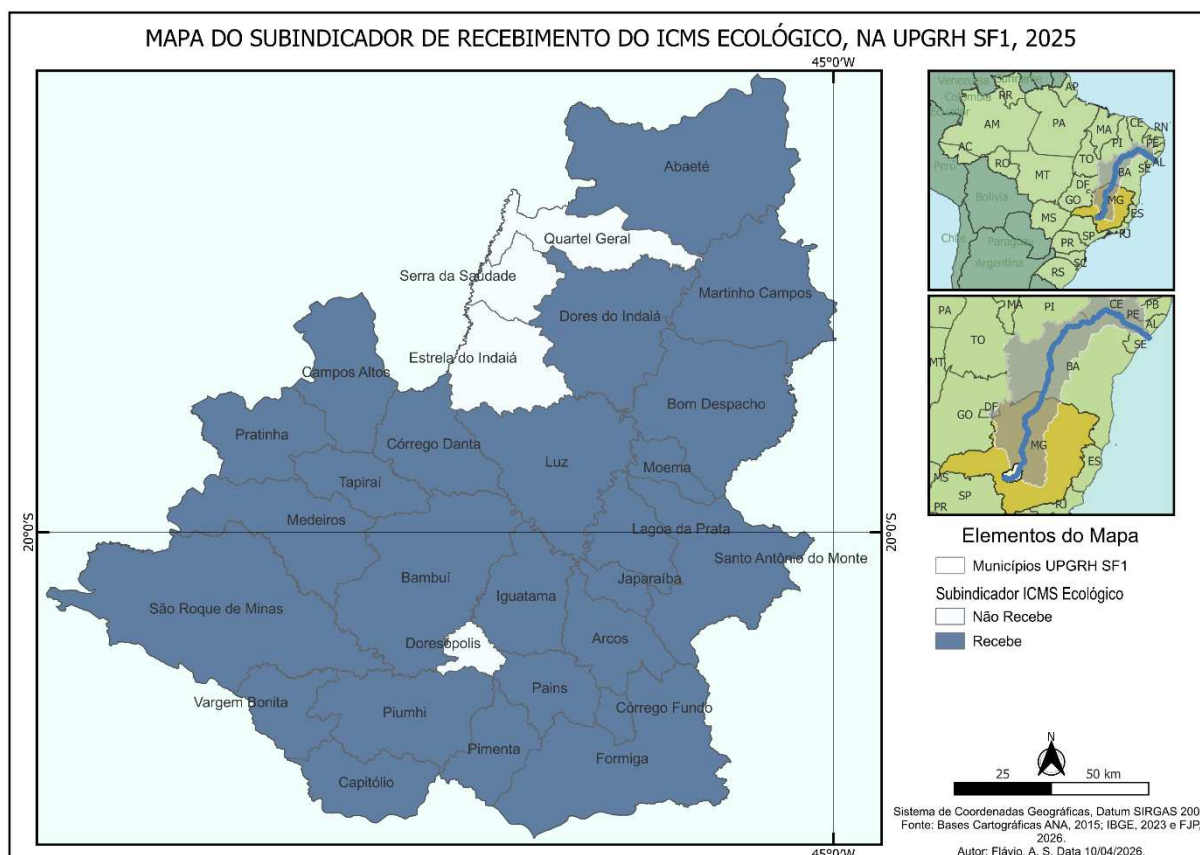
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SEF-MG (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 2

Mapa do Subindicador ICMS de Recebimento do Ecológico por município da UPGRH SF1, 2025.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SEF-MG (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 3

Resultado do Subindicador Instrumentos de Planejamento Ambiental por município da UPGRH SF1, 2023.

Município	Planos/Instrumentos Existentes	Índice
Abaeté	Plano Diretor + PMSB	80
Arcos	Plano Diretor + PMSB	80
BambuÍ	Plano Diretor + PMSB	80
Bom Despacho	PD + PMSB + Plano Ambiental	100
Campos Altos	Um instrumento	60
CapitÓlio	Um instrumento	60
CÓrrego Danta	Não possui instrumentos	0
CÓrrego Fundo	Plano Diretor + PMSB	80
Dores do Indaiá	Instrumento em elaboração	40
Doresópolis	Não possui instrumentos	0
Estrela do Indaiá	Não possui instrumentos	0
Formiga	PD + PMSB + Plano Ambiental	100
Iguatama	Plano Diretor + PMSB	80
JaparaÍba	Não possui instrumentos	0
Lagoa da Prata	Plano Diretor + PMSB	80
Luz	PD + PMSB + Plano Ambiental	100
Martinho Campos	Plano Diretor + PMSB	80
Medeiros	Não possui instrumentos	0
Moema	Instrumento em elaboração	40
Pains	Um instrumento	60
Pimenta	Um instrumento	60
Piumhi	Plano Diretor + PMSB	80
Pratinha	Não possui instrumentos	0
Quartel Geral	Não possui instrumentos	0
Santo Antônio do Monte	Plano Diretor + PMSB	80
São Roque de Minas	Um instrumento	60
Serra da Saudade	Não possui instrumentos	0
TapiraÍ	Não possui instrumentos	0
Vargem Bonita	Não possui instrumentos	0

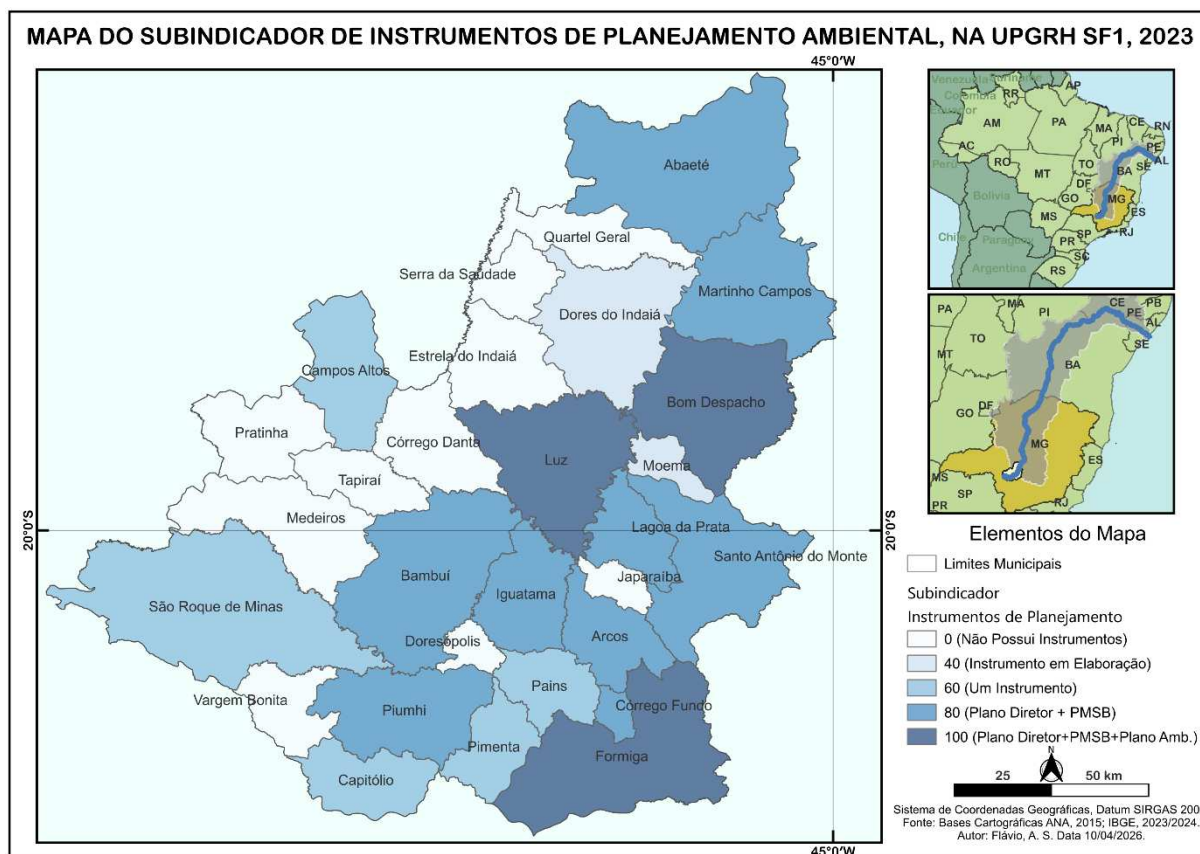
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 3

Mapa do Subindicador Instrumentos de Planejamento Ambiental por município da UPGRH SF1, 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 4

Resultado do Subindicador Representatividade no CBH SF1 por município da UPGRH SF1, 2025.

Município	Condição de Representatividade	Índice
Abaeté	Vota e participa	100
Arcos	Não vota e não participa	0
BambuÍ	Vota e participa	100
Bom Despacho	Vota e participa	100
Campos Altos	Não vota e não participa	0
CapitÓlio	Sem voto, mas participa	60
CÓrrego Danta	Não vota e não participa	0
CÓrrego Fundo	Não vota e não participa	0
Dores do Indaiá	Vota, sem participação	20
Doresópolis	Não vota e não participa	0
Estrela do Indaiá	Não vota e não participa	0
Formiga	Vota e participa	100
Iguatama	Não vota e não participa	0
JaparaÍba	Não vota e não participa	0
Lagoa da Prata	Vota e participa	100
Luz	Vota e participa	100
Martinho Campos	Sem voto, mas participa	60
Medeiros	Não vota e não participa	0
Moema	Vota, sem participação	20
Pains	Não vota e não participa	0
Pimenta	Vota e participa	100
Piumhi	Vota e participa	100
Pratinha	Não vota e não participa	0
Quartel Geral	Não vota e não participa	0
Santo Antônio do Monte	Vota e participa	100
São Roque de Minas	Vota e participa	100
Serra da Saudade	Não vota e não participa	0
TapiraÍ	Não vota e não participa	0
Vargem Bonita	Não vota e não participa	0

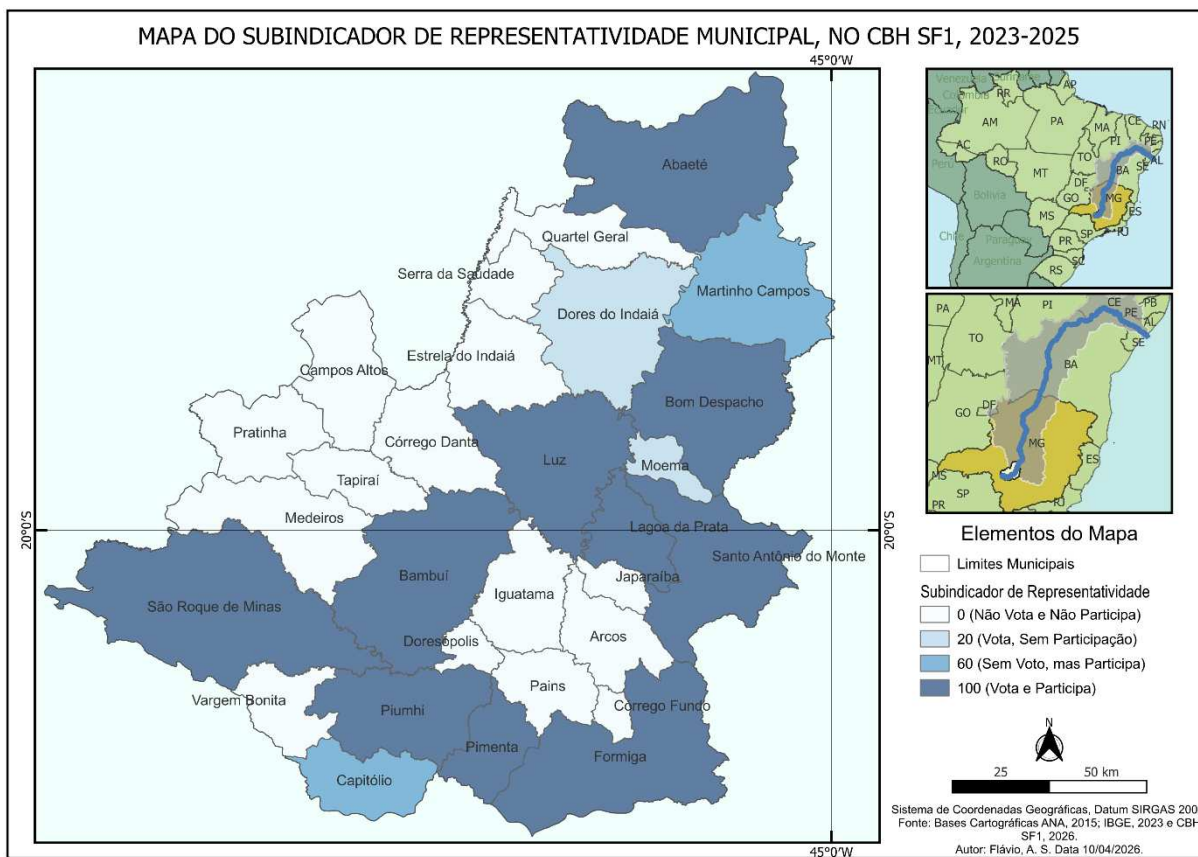
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de CBH-SF1 (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 4

Mapa do Subindicador Representatividade no CBH SF1 por município da UPGRH SF1, 2025



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de CBH-SF1 (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 5

Resultado do Subindicador de Percentual da População Atendida com Coleta de Esgoto por município da UPGRH SF1, 2022.

Município	Percentual População Atendida	Índice
Abaeté	Alta (61% – 80%)	80
Arcos	Alta (61% – 80%)	80
BambuÍ	Alta (61% – 80%)	80
Bom Despacho	Muito Alta (81%–100%)	100
Campos Altos	Muito Baixa (0% – 20%)	0
CapitÓlio	Muito Baixa (0% – 20%)	0
CÓrrego Danta	Muito Baixa (0% – 20%)	0
CÓrrego Fundo	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Dores do Indaiá	Muito Alta (81%–100%)	100
Doresópolis	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Estrela do Indaiá	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Formiga	Alta (61% – 80%)	80
Iguatama	Média (41% – 60%)	60
JaparaÍba	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Lagoa da Prata	Muito Alta (81%–100%)	100
Luz	Muito Alta (81%–100%)	100
Martinho Campos	Alta (61% – 80%)	80
Medeiros	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Moema	Alta (61% – 80%)	80
Pains	Média (41% – 60%)	60
Pimenta	Alta (61% – 80%)	80
Piumhi	Alta (61% – 80%)	80
Pratinha	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Quartel Geral	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Santo Antônio do Monte	Muito Alta (81%–100%)	100
São Roque de Minas	Baixa (21% – 40%)	40
Serra da Saudade	Muito Baixa (0% – 20%)	0
TapiraÍ	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Vargem Bonita	Muito Baixa (0% – 20%)	0

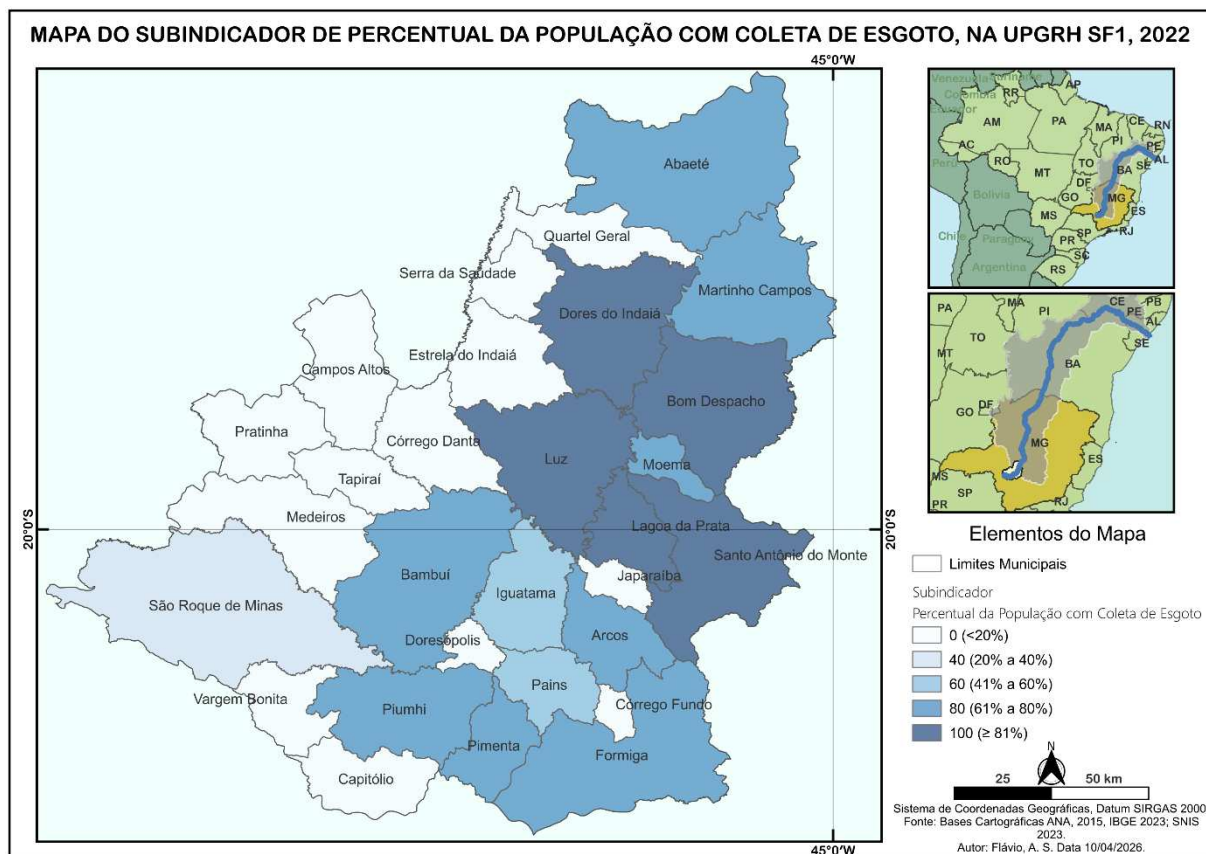
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 5

Mapa do Subindicador de Percentual da População Atendida com Coleta de Esgoto por município da UPGRH SF1, 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 6

Resultado do Subindicador de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos por município da UPGRH SF1, 2022.

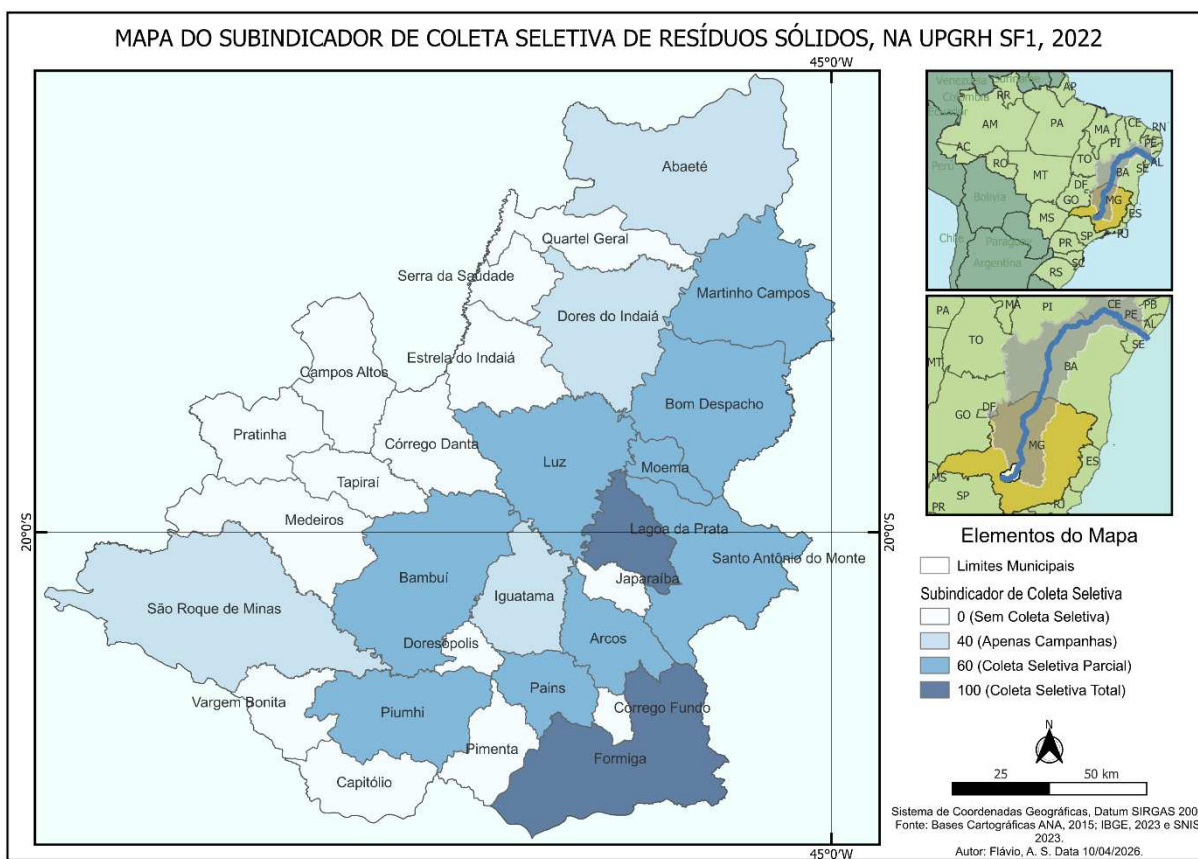
Município	Condição da Coleta Seletiva	Índice
Abaeté	Apenas campanhas	40
Arcos	Coleta seletiva parcial	60
BambuÍ	Coleta seletiva parcial	60
Bom Despacho	Coleta seletiva parcial	60
Campos Altos	Sem coleta seletiva	0
CapitÓlio	Sem coleta seletiva	0
CÓrrego Danta	Sem coleta seletiva	0
CÓrrego Fundo	Sem coleta seletiva	0
Dores do Indaiá	Apenas campanhas	40
Doresópolis	Sem coleta seletiva	0
Estrela do Indaiá	Sem coleta seletiva	0
Formiga	Coleta seletiva total	100
Iguatama	Apenas campanhas	40
JaparaÍba	Sem coleta seletiva	0
Lagoa da Prata	Coleta seletiva total	100
Luz	Coleta seletiva parcial	60
Martinho Campos	Coleta seletiva parcial	60
Medeiros	Sem coleta seletiva	0
Moema	Coleta seletiva parcial	60
Pains	Coleta seletiva parcial	60
Pimenta	Sem coleta seletiva	0
Piumhi	Coleta seletiva parcial	60
Pratinha	Sem coleta seletiva	0
Quartel Geral	Sem coleta seletiva	0
Santo Antônio do Monte	Coleta seletiva parcial	60
São Roque de Minas	Apenas campanhas	40
Serra da Saudade	Sem coleta seletiva	0
TapiraÍ	Sem coleta seletiva	0
Vargem Bonita	Sem coleta seletiva	0

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Figura 6

Mapa do Subindicador de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos por município da UPGRH SF1, 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Tabela 7

Resultado do Subindicador de Destinação Final de Resíduos Sólidos por município da UPGRH SF1, 2022.

Município	Destinação Final dos Resíduos Sólidos	Índice
Abaeté	Aterro Controlado / Transbordo	60
Arcos	Aterro Sanitário / Consórcio	100
BambuÍ	Aterro Controlado / Transbordo	60
Bom Despacho	Aterro Sanitário / Consórcio	100
Campos Altos	Aterro Controlado / Transbordo	60
Capitólio	Aterro Controlado / Transbordo	60
Córrego Danta	Lixão Controlado	20
Córrego Fundo	Lixão Controlado	20
Dores do Indaiá	Aterro Controlado / Transbordo	60
Doresópolis	Lixão Controlado	20
Estrela do Indaiá	Aterro Controlado / Transbordo	60
Formiga	Aterro Sanitário / Consórcio	100
Iguatama	Lixão Controlado	20
Japaraíba	Aterro Controlado / Transbordo	60
Lagoa da Prata	Aterro Sanitário / Consórcio	100
Luz	Aterro Controlado / Transbordo	60
Martinho Campos	Aterro Controlado / Transbordo	60
Medeiros	Lixão Controlado	20
Moema	Aterro Controlado / Transbordo	60
Pains	Aterro Sanitário / Consórcio	100
Pimenta	Lixão Controlado	20
Piumhi	Aterro Sanitário / Consórcio	100
Pratinha	Lixão a Céu Aberto	0
Quartel Geral	Aterro Controlado / Transbordo	60
Santo Antônio do Monte	Aterro Controlado / Transbordo	60
São Roque de Minas	Aterro Controlado / Transbordo	60
Serra da Saudade	Lixão a Céu Aberto	0
Tapiraí	Lixão a Céu Aberto	0
Vargem Bonita	Aterro Controlado / Transbordo	60

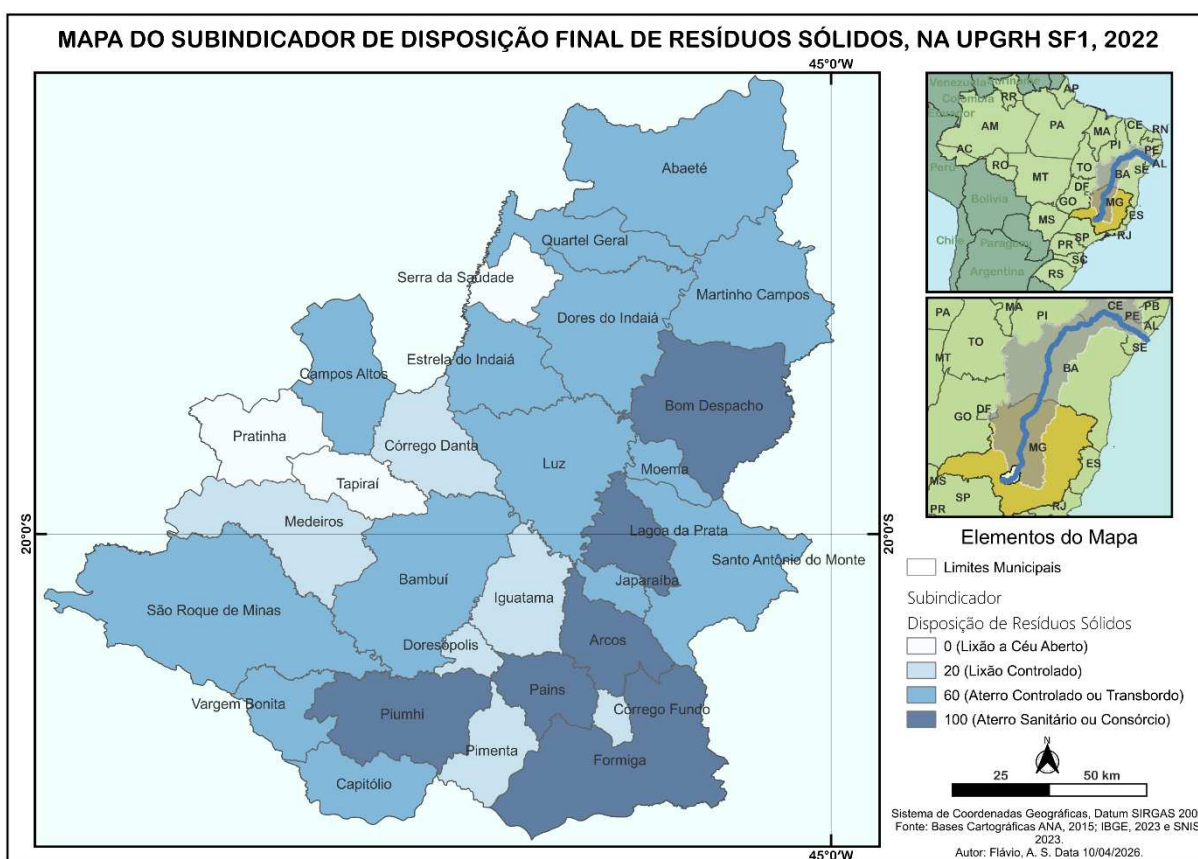
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 7

Mapa do Subindicador de Destinação Final de Resíduos Sólidos por município da UPGRH SF1, 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 8

Resultado do Subindicador de Tratamento de Esgoto Sanitário por município da UPGRH SF1, 2022.

Município	Percentual do Esgoto Gerado Tratado	Índice
Abaeté	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Arcos	Alta (61% – 80%)	80
Bambuí	Média (41% – 60%)	60
Bom Despacho	Muito Alta (81%–100%)	100
Campos Altos	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Capitólio	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Córrego Danta	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Córrego Fundo	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Dores do Indaiá	Muito Alta (81%–100%)	100
Doresópolis	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Estrela do Indaiá	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Formiga	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Iguatama	Média (41% – 60%)	60
Japaraíba	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Lagoa da Prata	Muito Alta (81%–100%)	100
Luz	Alta (61% – 80%)	80
Martinho Campos	Alta (61% – 80%)	80
Medeiros	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Moema	Média (41% – 60%)	60
Pains	Média (41% – 60%)	60
Pimenta	Média (41% – 60%)	60
Piumhi	Alta (61% – 80%)	80
Pratinha	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Quartel Geral	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Santo Antônio do Monte	Muito Alta (81%–100%)	100
São Roque de Minas	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Serra da Saudade	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Tapiraí	Muito Baixa (0% – 20%)	0
Vargem Bonita	Muito Baixa (0% – 20%)	0

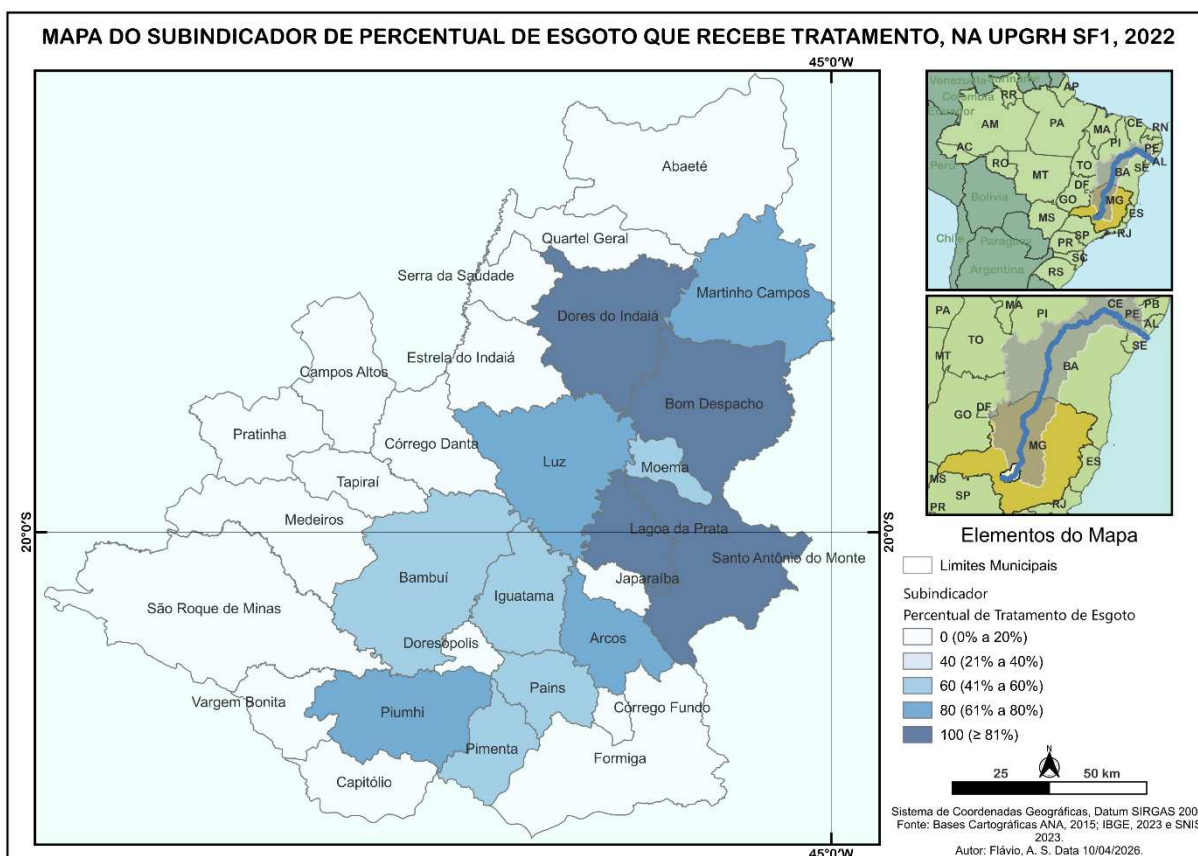
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UGRH SF1

Figura 8

Mapa do Subindicador de Tratamento de Esgoto Sanitário por município da UGRH SF1, 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 9

Resultado do Subindicador do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos por município da UPGRH SF1, 2022.

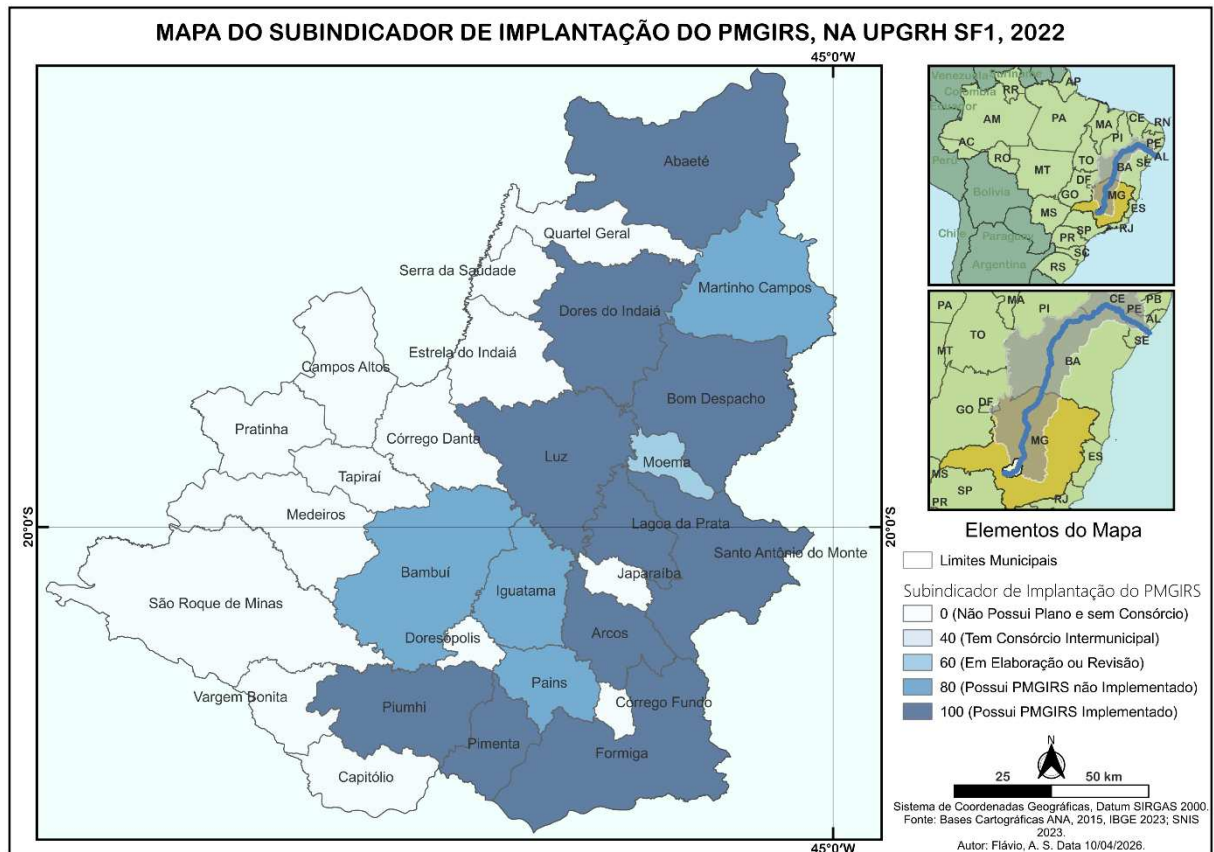
Município	Implantação do PMGIRS	Índice
Abaeté	PMGIRS atualizado e implementado	100
Arcos	PMGIRS atualizado e implementado	100
BambuÍ	PMGIRS atualizado	80
Bom Despacho	PMGIRS atualizado e implementado	100
Campos Altos	Não possui PMGIRS	0
CapitÓlio	Não possui PMGIRS	0
CÓrrego Danta	Não possui PMGIRS	0
CÓrrego Fundo	Não possui PMGIRS	0
Dores do Indaiá	PMGIRS atualizado e implementado	100
Doresópolis	Não possui PMGIRS	0
Estrela do Indaiá	Não possui PMGIRS	0
Formiga	PMGIRS atualizado e implementado	100
Iguatama	PMGIRS atualizado	80
JaparaÍba	Não possui PMGIRS	0
Lagoa da Prata	PMGIRS atualizado e implementado	100
Luz	PMGIRS atualizado e implementado	100
Martinho Campos	PMGIRS atualizado	80
Medeiros	Não possui PMGIRS	0
Moema	PMGIRS existente, não atualizado	60
Pains	PMGIRS atualizado	80
Pimenta	PMGIRS atualizado e implementado	100
Piumhi	PMGIRS atualizado e implementado	100
Pratinha	Não possui PMGIRS	0
Quartel Geral	Não possui PMGIRS	0
Santo Antônio do Monte	PMGIRS atualizado e implementado	100
São Roque de Minas	Não possui PMGIRS	0
Serra da Saudade	Não possui PMGIRS	0
TapiraÍ	Não possui PMGIRS	0
Vargem Bonita	Não possui PMGIRS	0

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Figura 9

Mapa do Subindicador do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos por município da UGRH SF1, 2022.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de SNIS (2023).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 10

Resultado do Subindicador de Controle de Erosão e Reflorestamento por município da UPGRH SF1, 2023.

Município	Ações de Controle de Erosão e Reflorestamento	Índice
Abaeté	Realiza ações pontuais	80
Arcos	Realiza ações contínuas	100
Bambuí	Realiza ações pontuais	80
Bom Despacho	Realiza ações contínuas	100
Campos Altos	Nenhuma ação	0
Capitólio	Realiza ações pontuais	80
Córrego Danta	Nenhuma ação	0
Córrego Fundo	Nenhuma ação	0
Dores do Indaiá	Realiza ações pontuais	80
Doresópolis	Nenhuma ação	0
Estrela do Indaiá	Nenhuma ação	0
Formiga	Realiza ações contínuas	100
Iguatama	Realiza ações pontuais	80
Japaraíba	Nenhuma ação	0
Lagoa da Prata	Realiza ações pontuais	80
Luz	Realiza ações contínuas	100
Martinho Campos	Realiza ações pontuais	80
Medeiros	Nenhuma ação	0
Moema	Nenhuma ação	0
Pains	Nenhuma ação	0
Pimenta	Realiza ações pontuais	80
Piumhi	Realiza ações pontuais	80
Pratinha	Nenhuma ação	0
Quartel Geral	Nenhuma ação	0
Santo Antônio do Monte	Realiza ações contínuas	100
São Roque de Minas	Realiza ações pontuais	80
Serra da Saudade	Nenhuma ação	0
Tapiraí	Nenhuma ação	0
Vargem Bonita	Realiza ações pontuais	80

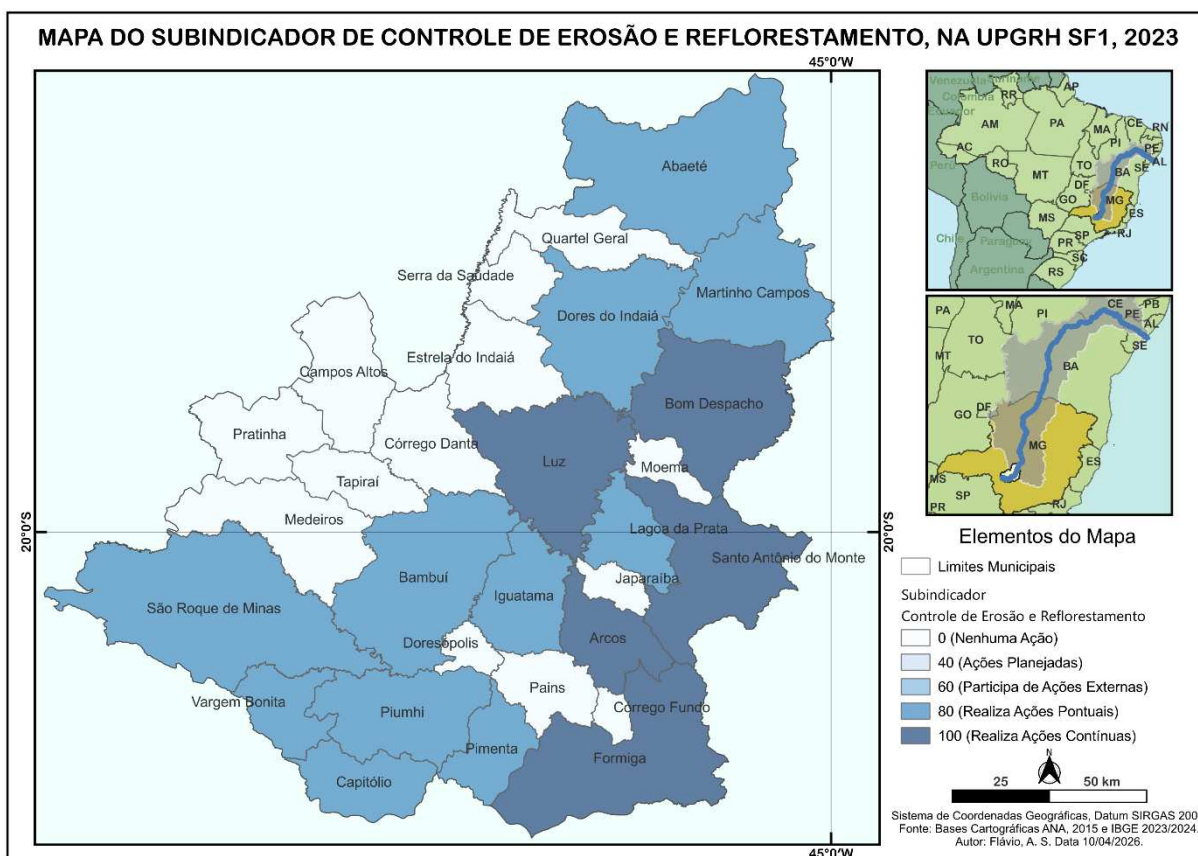
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 10

Mapa do Subindicador de Controle de Erosão e Reflorestamento por município da UPGRH SF1, 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 11

Resultado do Subindicador de Programas de PSA Hídrico por município da UPGRH SF1, 2025.

Município	Condição do PSA Hídrico	Índice
Abaeté	Sem PSA	0
Arcos	Sem PSA	0
Bambuí	Sem PSA	0
Bom Despacho	PSA em execução	80
Campos Altos	Sem PSA	0
Capitólio	PSA em execução	80
Córrego Danta	Sem PSA	0
Córrego Fundo	Sem PSA	0
Dores do Indaiá	Sem PSA	0
Doresópolis	PSA em execução	80
Estrela do Indaiá	Sem PSA	0
Formiga	Mais de um PSA	100
Iguatama	Sem PSA	0
Japaraíba	Sem PSA	0
Lagoa da Prata	Sem PSA	0
Luz	PSA em execução	80
Martinho Campos	Sem PSA	0
Medeiros	Sem PSA	0
Moema	Sem PSA	0
Pains	Sem PSA	0
Pimenta	PSA em execução	80
Piumhi	PSA em execução	80
Pratinha	Sem PSA	0
Quartel Geral	Sem PSA	0
Santo Antônio do Monte	Sem PSA	0
São Roque de Minas	PSA em execução	80
Serra da Saudade	Sem PSA	0
Tapiraí	Sem PSA	0
Vargem Bonita	Sem PSA	0

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026).

Mapa do Subindicador de Programas de PSA Hídrico por município da UPGRH SF1, 2025.



Mapa do Subindicador de Programas de PSA Hídrico por município da UPGRH SF1, 2025.



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UGRH SF1

Tabela 12

Resultado do Subindicador de Banco de Dados Municipal Sobre Recursos Hídricos por município da UGRH SF1, 2023.

Município	Situação do Banco de Dados sobre Recursos Hídricos	Índice
Abaeté	Banco de dados atualizado	100
Arcos	Banco de dados atualizado	100
Bambuí	Banco de dados parcial	80
Bom Despacho	Banco de dados atualizado	100
Campos Altos	Não possui banco de dados	0
Capitólio	Não possui banco de dados	0
Córrego Danta	Não possui banco de dados	0
Córrego Fundo	Não possui banco de dados	0
Dores do Indaiá	Banco de dados atualizado	100
Doresópolis	Não possui banco de dados	0
Estrela do Indaiá	Não possui banco de dados	0
Formiga	Banco de dados atualizado	100
Iguatama	Banco de dados parcial	80
Japaraíba	Não possui banco de dados	0
Lagoa da Prata	Banco de dados atualizado	100
Luz	Banco de dados atualizado	100
Martinho Campos	Banco de dados parcial	80
Medeiros	Não possui banco de dados	0
Moema	Coleta pontual de dados	60
Pains	Banco de dados parcial	80
Pimenta	Banco de dados atualizado	100
Piumhi	Banco de dados atualizado	100
Pratinha	Não possui banco de dados	0
Quartel Geral	Não possui banco de dados	0
Santo Antônio do Monte	Banco de dados atualizado	100
São Roque de Minas	Não possui banco de dados	0
Serra da Saudade	Não possui banco de dados	0
Tapiraí	Não possui banco de dados	0
Vargem Bonita	Não possui banco de dados	0

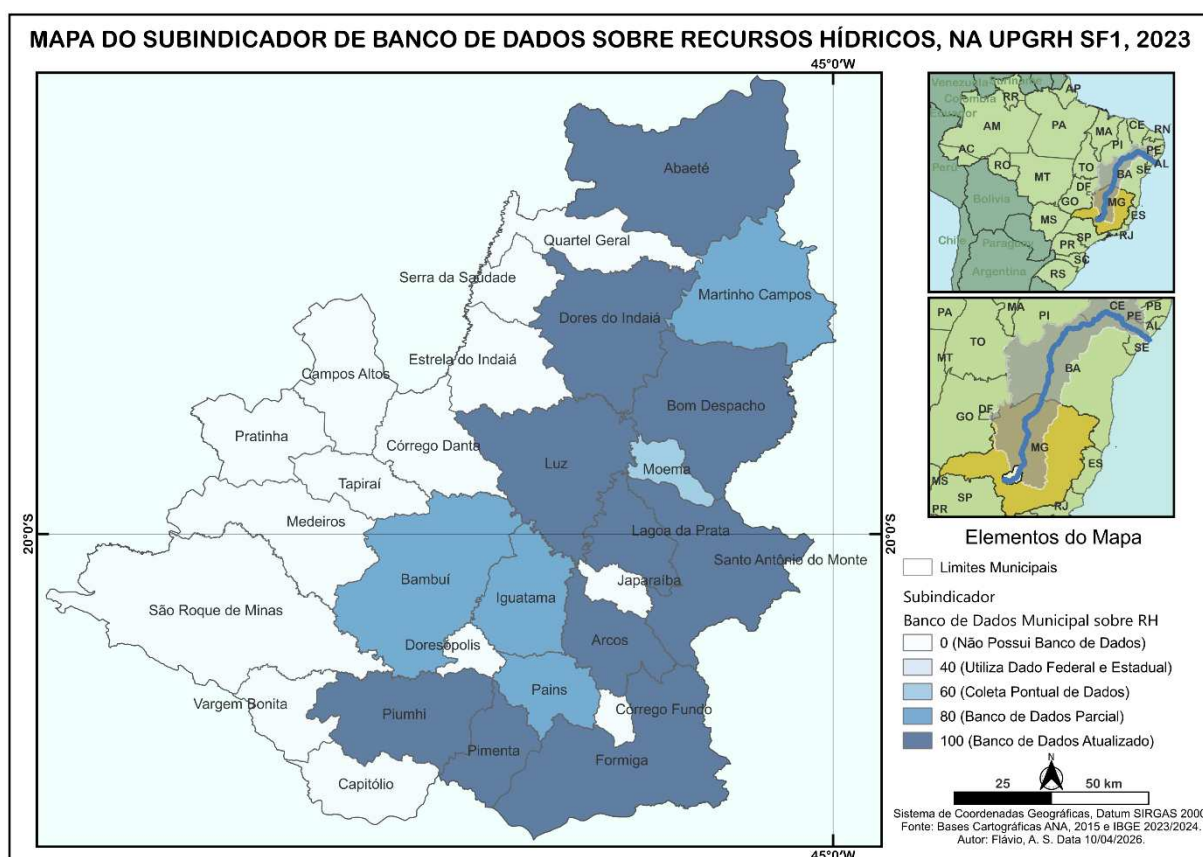
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 12

Mapa do Subindicador de Banco de Dados Municipal Sobre Recursos Hídricos por município da UPGRH SF1, 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 13

Resultado do Subindicador de Monitoramento Hídrico Fluvial por município da UPGRH SF1, 2023.

Município	Situação do Monitoramento Hídrico Fluvial	Índice
Abaeté	Monitoramento Próprio	100
Arcos	Monitoramento Próprio	100
Bambuí	Monitoramento Próprio	100
Bom Despacho	Monitoramento Próximo	80
Campos Altos	Monitoramento Indireto	40
Capitólio	Monitoramento Próprio	100
Córrego Danta	Sem Monitoramento	0
Córrego Fundo	Monitoramento Próximo	80
Dores do Indaiá	Monitoramento Próximo	80
Doresópolis	Sem Monitoramento	0
Estrela do Indaiá	Sem Monitoramento	0
Formiga	Monitoramento Próprio	100
Iguatama	Monitoramento Próprio	100
Japaraíba	Sem Monitoramento	0
Lagoa da Prata	Monitoramento Próximo	80
Luz	Monitoramento Próprio	100
Martinho Campos	Monitoramento Próximo	80
Medeiros	Sem Monitoramento	0
Moema	Sem Monitoramento	0
Pains	Monitoramento Próprio	100
Pimenta	Monitoramento Próprio	100
Piumhi	Monitoramento Próprio	100
Pratinha	Sem Monitoramento	0
Quartel Geral	Sem Monitoramento	0
Santo Antônio do Monte	Monitoramento Próximo	80
São Roque de Minas	Monitoramento Próprio	100
Serra da Saudade	Sem Monitoramento	0
Tapiraí	Sem Monitoramento	0
Vargem Bonita	Monitoramento Próprio	100

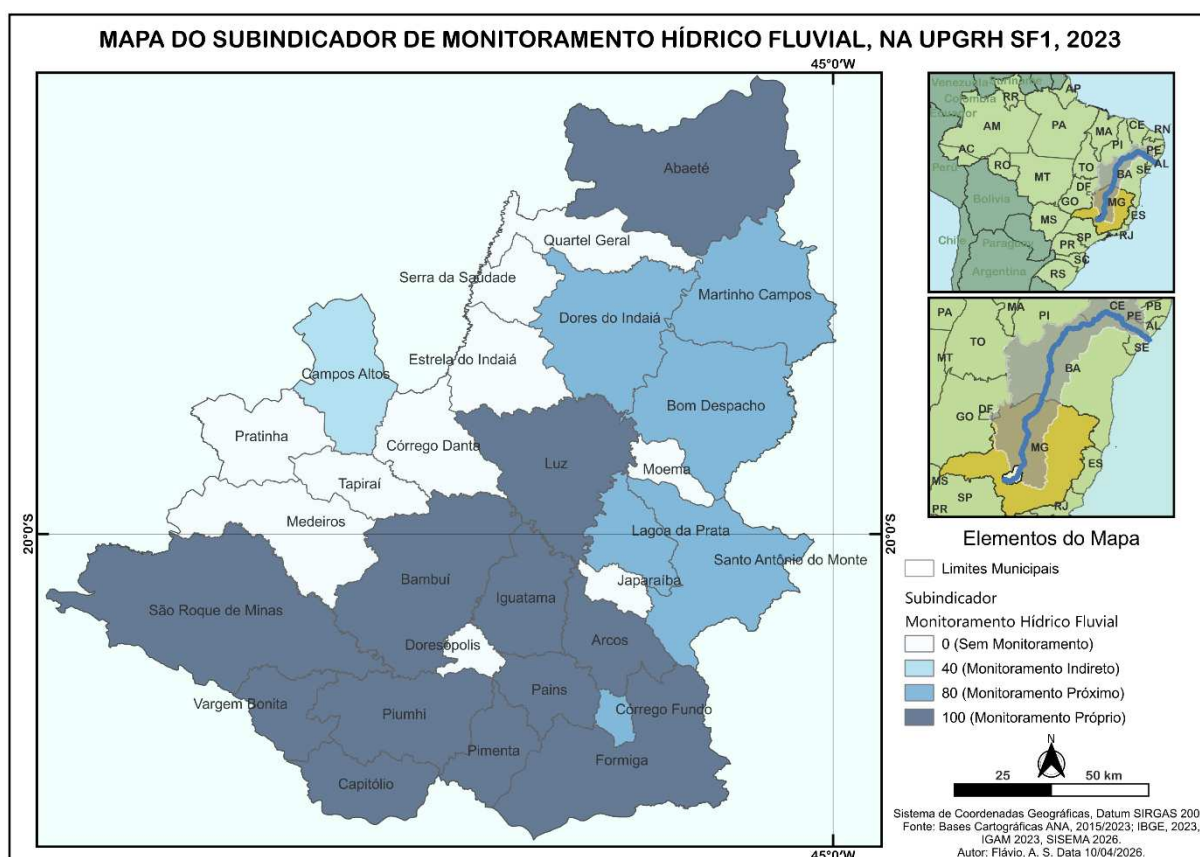
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), IGAM (2026) e SISEMA (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 13

Mapa do Subindicador de Monitoramento Hídrico Fluvial por município da UPGRH SF1, 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de ANA (2026), IGAM (2026) e SISEMA (2026).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Tabela 14

Resultado do Subindicador de Educação Ambiental Aplicada por município da UPGRH SF1, 2023.

Município	Aplicação da Educação Ambiental	Índice
Abaeté	Projetos permanentes	60
Arcos	Programa regulamentado	100
Bambuí	Projetos permanentes	60
Bom Despacho	Programa regulamentado	100
Campos Altos	Sem ações	0
Capitólio	Projetos permanentes	60
Córrego Danta	Sem ações	0
Córrego Fundo	Projetos permanentes	60
Dores do Indaiá	Ações pontuais	40
Doresópolis	Sem ações	0
Estrela do Indaiá	Sem ações	0
Formiga	Programa regulamentado	100
Iguatama	Projetos permanentes	60
Japaraíba	Sem ações	0
Lagoa da Prata	Projetos permanentes	60
Luz	Programa regulamentado	100
Martinho Campos	Projetos permanentes	60
Medeiros	Sem ações	0
Moema	Ações pontuais	40
Pains	Projetos permanentes	60
Pimenta	Sem ações	0
Piumhi	Programa regulamentado	100
Pratinha	Sem ações	0
Quartel Geral	Sem ações	0
Santo Antônio do Monte	Programa regulamentado	100
São Roque de Minas	Projetos permanentes	60
Serra da Saudade	Sem ações	0
Tapiraí	Sem ações	0
Vargem Bonita	Sem ações	0

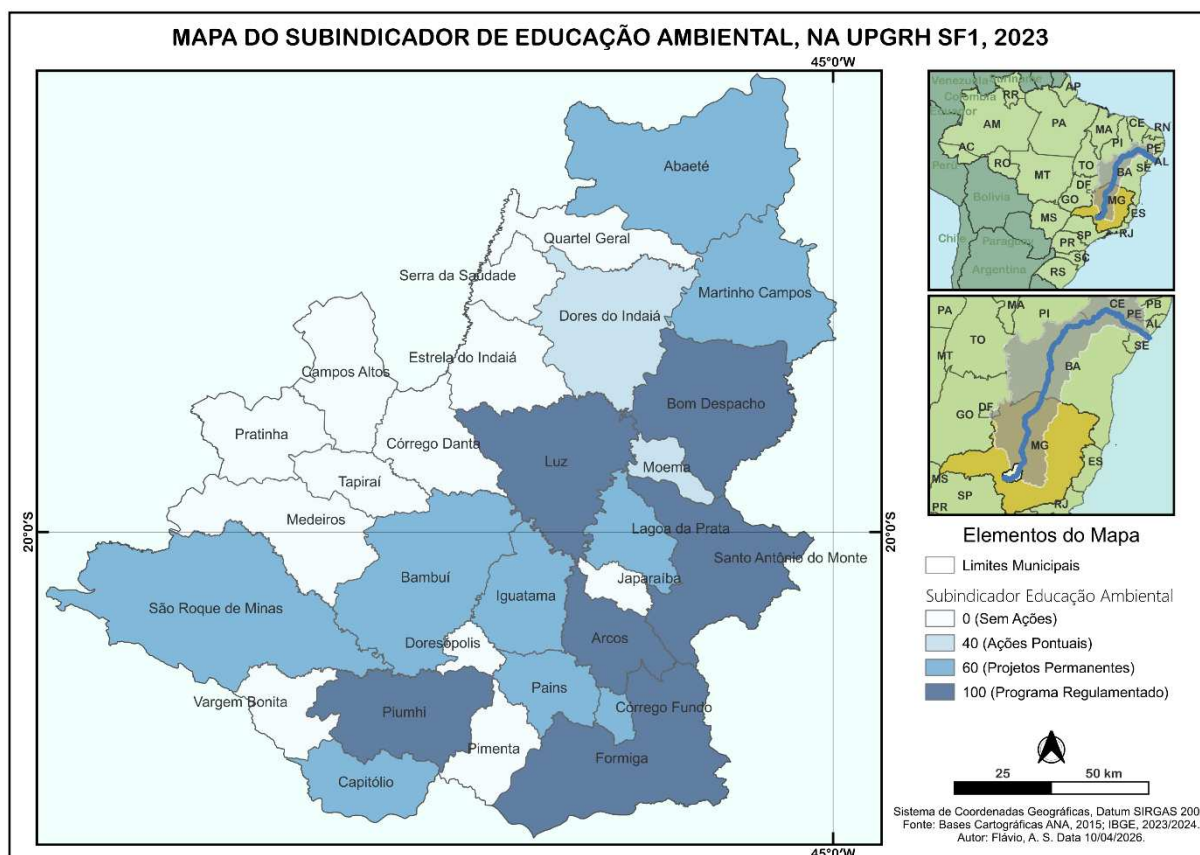
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).



Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1

Figura 14

Mapa do Subindicador de Educação Ambiental Aplicada por município da UPGRH SF1, 2023.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados de IBGE (2024).

Artigo 4 - Redigido conforme norma do periódico científico - Versão publicada	
Título do artigo:	Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental: proposta de certificação do desempenho municipal baseada no ICSA da UPGRH SF1
Autores:	Flávio Andreote dos Santos, Luís Antônio Coimbra Borges
Periódico:	<i>Revista de Gestão Social e Ambiental</i>
ISSN	1981-982X
DOI	https://doi.org/10.24857/rgsa.v20n8-006



RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental

ISSN: 1981-982X

Submission date: 5/8/2026

Acceptance date: 7/10/2026

DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v20n8-006>

Organization: Interinstitutional Scientific Committee

Chief Editor: Ana Carolina Messias de Souza Ferreira da Costa

Assessment: Double Blind Review by SEER/OJS

SELO CARRANCA DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICO-AMBIENTAL: PROPOSTA DE CERTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO MUNICIPAL BASEADA NO ICSA DA UPGRH SF1

Flávio Andreote dos Santos¹
Luís Antônio Coimbra Borges²

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é propor o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal baseado no Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), aplicado aos municípios da UPGRH SF1, com o intuito de converter diagnóstico técnico em instrumento de reconhecimento, indução de políticas públicas e melhoria contínua da governança hídrica.

Referencial Teórico: A pesquisa fundamenta-se nos conceitos de governança da água, certificação ambiental, avaliação de conformidade, indicadores compostos, *stewardship* hídrico e instrumentos de indução institucional, articulando referências internacionais de certificação territorial, rotulagem ambiental e gestão eficiente da água.

Método: Trata-se de pesquisa aplicada, propositiva, documental e de abordagem quantitativa, estruturada a partir dos resultados do ICSA municipal. Foram definidos níveis de certificação, critérios técnicos obrigatórios, identidade visual, fluxo de governança, auditoria informacional, monitoramento e revalidação periódica.

Resultados e Discussão: Os resultados permitiram classificar os municípios em cinco níveis: Inicial, Básico, Intermediário, Avançado e Excelência. A proposta evidencia a predominância de municípios em condição diagnóstica e o potencial do selo para orientar prioridades em resíduos, efluentes, erosão, assoreamento, dados, PSA e adimplência pelo uso da água.

Implicações da Pesquisa: O modelo subsidia comitês de bacia, gestores municipais e órgãos ambientais na priorização de ações e na mobilização institucional.

Originalidade/Valor: O estudo propõe certificação hídrico-ambiental municipal inédita, territorialmente referenciada e replicável, com possibilidade futura de aplicação a empreendimentos, usuários de recursos hídricos e reconhecimento institucional.

Palavras-chave: Certificação ambiental, Governança hídrica, Indicadores compostos, Selo Carranca, Sustentabilidade hídrico-ambiental.

¹ Universidade Federal De Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: flavio.santos2@estudante.ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0682-8234>

² Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: luiz.borges@ufla.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0344-5008>



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

CARRANCA SEAL FOR HYDRO-ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: Proposal for Municipal Performance Certification Based on the ICSA of UPGRH SF1

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to propose the Carranca Seal for Hydro-Environmental Sustainability as a municipal performance certification system based on the Composite Index of Water Environmental Sustainability (ICSA), applied to the municipalities of the Water Resources Planning and Management Unit of the Tributaries of the Upper São Francisco River (UPGRH SF1).

Theoretical Framework: The research is grounded in the concepts of water governance, environmental certification, conformity assessment, composite indicators, water stewardship, and institutional policy-inducing instruments, considering international references related to environmental labelling, territorial certification, and water management.

Method: This is an applied, propositional, documentary, and quantitative study based on the published ICSA results for the 29 municipalities of UPGRH SF1. The methodological design defined certification levels, mandatory technical criteria, visual identity, institutional governance flow, informational audit, monitoring, and periodic revalidation.

Results and Discussion: The results enabled the classification of municipalities into five levels: Initial, Basic, Intermediate, Advanced, and Excellence. The proposed seal revealed a predominance of municipalities in diagnostic condition and demonstrated potential to guide priorities related to waste, effluents, erosion, sedimentation, data systems, payment for environmental services, and water-use fee compliance.

Research Implications: The model supports watershed committees, municipal managers, and environmental agencies in prioritizing actions, allocating resources, and promoting continuous improvement in local hydro-environmental governance.

Originality/Value: The study proposes an original municipal hydro-environmental certification system, territorially referenced and replicable, with future applicability to water users, enterprises, and institutional recognition initiatives.

Keywords: Environmental Certification, Water Governance, Composite Indicators, Carranca Seal, Hydro-Environmental Sustainability.

SELLO CARRANCA DE SOSTENIBILIDAD HIDROAMBIENTAL: Propuesta de Certificación del Desempeño Municipal Basada en el ICSA de la UPGRH SF1

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es proponer el Sello Carranca de Sostenibilidad Hidroambiental como sistema de certificación del desempeño municipal basado en el Índice Compuesto de Sostenibilidad Ambiental Hídrica (ICSA), aplicado a los municipios de la Unidad de Planificación y Gestión de Recursos Hídricos de los Afluentes del Alto São Francisco (UPGRH SF1).

Referencial teórico: La investigación se fundamenta en los conceptos de gobernanza del agua, certificación ambiental, evaluación de conformidad, indicadores compuestos, *stewardship* hídrico e instrumentos de inducción institucional, considerando referencias internacionales sobre etiquetado ambiental, certificación territorial y gestión eficiente del agua.

Método: Se trata de una investigación aplicada, propositiva, documental y de enfoque cuantitativo, estructurada a partir de los resultados publicados del ICSA para los 29 municipios de la UPGRH SF1. El diseño metodológico



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

definió niveles de certificación, criterios técnicos obligatorios, identidad visual, flujo de gobernanza institucional, auditoría informacional, monitoreo y revalidación periódica.

Resultados y Discusión: Los resultados permitieron clasificar los municipios en cinco niveles: Inicial, Básico, Intermedio, Avanzado y Excelencia. La propuesta evidenció predominio de municipios en condición diagnóstica y potencial para orientar prioridades relacionadas con residuos, efluentes, erosión, sedimentación, sistemas de datos, PSA y regularidad en el pago por uso del agua.

Implicaciones de la Investigación: El modelo apoya a comités de cuenca, gestores municipales y organismos ambientales en la priorización de acciones, asignación de recursos y promoción de la mejora continua en la gobernanza hidroambiental local.

Originalidad/Valor: El estudio propone una certificación hidroambiental municipal original, territorialmente referenciada y replicable, con aplicabilidad futura a usuarios de recursos hídricos, emprendimientos e iniciativas de reconocimiento institucional.

Palabras clave: Certificación ambiental, Gobernanza hídrica, Indicadores compuestos, Sello Carranca, Sostenibilidad hidroambiental.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

A governança contemporânea dos recursos hídricos exige instrumentos capazes de articular avaliação técnica, comunicação pública, reconhecimento institucional e indução de melhoria contínua. No Brasil, embora a Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), tenha consolidado modelo descentralizado e participativo, a efetividade da gestão hídrica ainda depende da capacidade de transformar instrumentos formais em práticas municipais integradas, envolvendo saneamento, conservação, dados, participação, adimplência pelo uso da água e Pagamentos por Serviços Ambientais – PSA (Brasil, 2021; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA], 2021). Nesse contexto, o ICSA, aplicado aos municípios da UPGRH SF1, oferece base técnica para avaliação comparativa do desempenho hídrico-ambiental (Santos & Borges, 2026).

O Selo Carranca propõe converter essa avaliação em níveis de certificação municipal, associando pontuação técnica, critérios obrigatórios, validação informacional, identidade visual e governança institucional. A denominação “Carranca” reforça a identidade territorial do rio São Francisco, vinculando proteção das águas, vigilância e sustentabilidade hídrica.

O foco principal deste artigo é o Selo Carranca Municipal, baseado no ICSA da UPGRH SF1 e voltado à resolução dos problemas hidroambientais locais. Entretanto, o modelo é delineado como plataforma institucional ampliável, podendo futuramente contemplar modalidades específicas para empreendimentos, usuários de recursos hídricos e reconhecimento de autoridades, instituições e agentes que contribuam para a proteção hídrica. Essa distinção é essencial para preservar a integridade técnica



do modelo, separando certificação territorial municipal, certificação de desempenho de usuários ou empreendimentos e reconhecimento institucional de mérito.

Dessa forma, o presente artigo parte do seguinte problema de pesquisa: como converter os resultados de um índice composto de sustentabilidade hídrico-ambiental em sistema de certificação municipal capaz de reconhecer boas práticas, orientar prioridades e induzir melhoria contínua na governança da água?

O objetivo geral deste estudo é propor o Selo Carranca como sistema de certificação baseado no ICSA, aplicado à UPGRH SF1. Como objetivos específicos, busca-se: a) estruturar os níveis de certificação do Selo Carranca a partir das faixas de pontuação do ICSA; b) definir critérios técnicos obrigatórios para enquadramento e concessão do selo; c) propor sistema de identidade visual e comunicação institucional; d) estabelecer modelo de governança, auditoria, monitoramento e revalidação; e) aplicar a classificação aos 29 municípios da UPGRH SF1; e f) delinear, de forma complementar, possibilidades futuras de aplicação do selo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GOVERNANÇA DA ÁGUA, INDUÇÃO INSTITUCIONAL E CERTIFICAÇÃO HÍDRICO-AMBIENTAL

A governança da água compreende processos políticos, institucionais, normativos e administrativos voltados ao uso, proteção, financiamento e controle dos recursos hídricos, ultrapassando a gestão operacional ao envolver coordenação entre atores, informação, participação social, transparência, responsabilização e capacidade de implementação (*Organisation for Economic Co-operation and Development* [OECD], 2015). No Brasil, a Lei nº 9.433/1997 instituiu modelo descentralizado, participativo e orientado pela bacia hidrográfica, atribuindo aos comitês papel estratégico na articulação entre poder público, usuários e sociedade civil (Brasil, 1997). Sua efetividade, contudo, depende da conversão de instrumentos legais em práticas de governança, planejamento, financiamento e monitoramento, em sistemas adaptativos que exigem articulação entre escalas, aprendizagem institucional, integração de políticas e qualidade da informação (Pahl-Wostl, 2009; OECD, 2015).

Nesse contexto, instrumentos de indução institucional, além da imposição normativa, incluem incentivos, reconhecimento público, comparabilidade, transparência e estímulos reputacionais capazes de orientar entes públicos, especialmente municípios, para participação em comitês, adimplência pelo uso da água, estruturação de dados, PSA, saneamento, controle de erosão e assoreamento e educação ambiental.



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

A criação de selos ambientais exige distinguir certificação, rotulagem, declaração ambiental e reconhecimento institucional. A norma ISO (*International Organization for Standardization*) 14020:2022 e ISO 14024:2026 oferecem princípios para declarações ambientais e *ecolabels*, enquanto a ISO/IEC 17065:2012 e a ISO/IEC 17021-1:2015 reforçam requisitos de avaliação de conformidade, imparcialidade, evidências verificáveis e rastreabilidade (ISO, 2012, 2015, 2022, 2026b). Para gestão hídrica e ambiental, a ISO 14001:2026, a ISO 14002-2:2023 e a ISO 46001:2019 contribuem com fundamentos de desempenho ambiental, melhoria contínua e eficiência no uso da água (ISO, 2019, 2023, 2026a). Assim, o Selo Carranca não constitui certificação ISO, mas proposta territorial inspirada nesses princípios, adaptada à realidade municipal da UPGRH SF1.

A dimensão visual também integra a credibilidade do sistema, pois selos consolidados regulam logotipos, legibilidade mínima, integridade gráfica, controle de versões, vínculo ao objeto certificado e identificação rastreável; o *EU Ecolabel* define reprodução, tamanho mínimo, legibilidade, validade da licença e número de licença (*European Commission*, 2025a), enquanto LEED e *Nordic Swan Ecolabel* condicionam o uso das marcas a regras institucionais de certificação, comunicação e materiais autorizados (*U.S. Green Building Council*, 2025; *Nordic Swan Ecolabel*, 2026).

2.2 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS, INDICADORES COMPOSTOS E CERTIFICAÇÃO TERRITORIAL

Não se identifica, na literatura e nos modelos internacionais consultados, metodologia idêntica ao Selo Carranca, entendido como certificação hídrico-ambiental municipal baseada em índice composto próprio de bacia hidrográfica, inicialmente aplicada a municípios e expansível a usuários, empreendimentos e reconhecimento institucional; contudo, experiências correlatas por componentes fundamentam o modelo.

O *LEED for Cities and Communities* demonstra a viabilidade de certificações territoriais para cidades e comunidades, com indicadores sociais, econômicos e ambientais, benchmarking, comunicação de progresso e verificação por terceira parte (*U.S. Green Building Council* [USGBC], 2026). A ISO 37120 estabelece indicadores para mensurar serviços urbanos e qualidade de vida em cidades, municípios ou governos locais, permitindo comparação e verificação territorial (*International Organization for Standardization* [ISO], 2018), enquanto o *World Council on City Data* (WCCD) opera sistemas de dados urbanos e certificação associados à série ISO 37120, reforçando padronização, verificação e comparabilidade (*World Council on City Data* [WCCD], 2026).



Para empreendimentos e usuários de recursos hídricos, o *AWS Standard v2.0* constitui padrão internacional auditável de *stewardship* hídrico, baseado no local de operação e na bacia ou *catchment*, voltado ao uso responsável da água com resultados sociais, culturais, ambientais e econômicos e participação de stakeholders (*Alliance for Water Stewardship* [AWS], 2019), sendo especialmente aderente à futura modalidade Selo Carranca Empreendimento/Usuário. A Blue Flag exemplifica selo ambiental voluntário com critérios verificáveis para praias, marinas e embarcações de turismo sustentável, exigindo manutenção de critérios ambientais, educacionais, de segurança, gestão da poluição e qualidade da água (Blue Flag, 2026).

A *European Green Capital Award* e a *European Green Leaf Award*, mais próximas de premiação e reconhecimento institucional, avaliam cidades em gestão da água, biodiversidade, uso do solo, resíduos, economia circular e clima, demonstrando que mecanismos de reconhecimento podem mobilizar politicamente e valorizar o desempenho ambiental urbano (*European Commission*, 2025a/2025b). Nesse contexto, indicadores compostos sintetizam fenômenos complexos em métricas comparáveis, integrando dimensões institucionais, econômicas, sociais e ecológicas, desde que observados rigor na seleção de variáveis, normalização, ponderação, agregação e interpretação (Nardo et al., 2005; OECD, 2008).

Na sustentabilidade hídrica, tais índices apoiam a identificação de fragilidades, comparação entre municípios e priorização de políticas públicas, mas rankings isolados nem sempre induzem mudança institucional; por isso, a certificação agrega camada comunicacional e reputacional ao transformar pontuações em níveis reconhecíveis e valorizados. Assim, o Selo Carranca dialoga com sistemas internacionais consolidados, mas apresenta originalidade ao combinar índice composto municipal de sustentabilidade hídrico-ambiental, certificação territorial baseada em bacia hidrográfica, governança de auditoria, monitoramento e revalidação, identidade visual associada ao rio São Francisco e possibilidade de expansão para usuários, empreendimentos e reconhecimento institucional.

O índice diagnostica, compara e mede; a certificação comunica, reconhece e induz; o monitoramento acompanha a evolução; e a revalidação assegura atualização e credibilidade, fortalecendo a conexão entre diagnóstico técnico e ação pública para comitês de bacia, órgãos ambientais, gestores municipais, usuários de recursos hídricos e sociedade.

2.3 ICSA COMO BASE TÉCNICA, LACUNA CIENTÍFICA E PROPOSIÇÃO DO SELO CARRANCA

O ICSA foi desenvolvido para avaliar o desempenho hídrico-ambiental dos 29 municípios da UPGRH SF1, com 14 subindicadores distribuídos em cinco dimensões: governança institucional; saneamento e controle da poluição; conservação ambiental; informação e monitoramento hídrico; e



educação ambiental, utilizando dados oficiais normalizados em escala de 0 a 100 para análise comparativa e espacial (Santos & Borges, 2026). Seus resultados evidenciaram elevada heterogeneidade municipal, influência da capacidade institucional no desempenho ambiental e importância dos sistemas de informação e planejamento, indicando que a gestão hídrica municipal depende da convergência entre governança, saneamento, conservação, dados, monitoramento e mobilização social.

Estudos anteriores na UPGRH SF1 também demonstraram fragilidades na consistência dos dados de regularização hídrica e no uso de informações autodeclaradas, além da relevância do PSA para restauração ambiental e proteção de áreas estratégicas (Santos et al., 2025a, 2025b). Apesar do avanço dos indicadores compostos, ainda são escassos modelos que convertem índices de sustentabilidade hídrica em sistemas de certificação municipal com governança, identidade visual, auditoria de dados e revalidação, pois os estudos tendem a permanecer no diagnóstico, classificação ou comparação territorial.

O Selo Carranca busca preencher essa lacuna ao transformar a avaliação do ICSA em certificação ambiental municipal, combinando: a) base quantitativa derivada do ICSA; b) critérios técnicos obrigatórios e validação informacional; c) sistema visual associado aos níveis de certificação; e d) governança institucional com auditoria, instância recursal, monitoramento e revalidação periódica, funcionando não apenas como símbolo, mas como instrumento aplicado de governança hídrico-ambiental.

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA E BASE EMPÍRICA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, propositiva, documental e de abordagem quantitativa. O estudo foi desenvolvido com foco nos 29 municípios da UPGRH SF1, utilizando como base os resultados do Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), publicado por Santos e Borges (2026). A proposta metodológica consistiu em desenvolver um sistema de certificação municipal capaz de converter os escores do ICSA em níveis de reconhecimento, associados a critérios técnicos, identidade visual e governança de certificação.

O modelo foi estruturado em sete etapas: a) definição conceitual do Selo Carranca; b) estabelecimento de faixas de certificação a partir do ICSA; c) definição de critérios técnicos obrigatórios; d) proposição da identidade visual e do manual de aplicação; e) construção de modelo de governança institucional; f) aplicação da classificação aos municípios da UPGRH SF1; e g) delimitação de modalidades derivadas para empreendimentos, usuários de recursos hídricos e reconhecimento institucional.



cinco dimensões. A utilização do ICSA como matriz técnica justifica-se por três razões: primeiro, o índice possui caráter multidimensional; segundo, utiliza dados de bases oficiais e parâmetros comparáveis; terceiro, foi aplicado em escala municipal dentro de uma mesma unidade hidrográfica, preservando coerência territorial.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTRUTURA NORMATIVA E MODALIDADES DO SELO CARRANCA

A estrutura metodológica do Selo Carranca foi organizada a partir de princípios de certificação ambiental, rotulagem, avaliação de conformidade e melhoria contínua, adaptados à escala municipal e à realidade da UPGRH SF1. A matriz principal do modelo é o ICSA municipal, utilizado como base de enquadramento para certificação dos municípios.

Embora a certificação municipal seja o eixo central e imediatamente aplicável, o Selo Carranca também é concebido como plataforma institucional mais ampla, com possibilidade de adaptação futura para empreendimentos, usuários de recursos hídricos e ações de reconhecimento público. Para evitar ambiguidades conceituais, propõe-se a distinção entre três modalidades: Selo Carranca Municipal, Selo Carranca Empreendimento/Usuário e Reconhecimento Carranca.

Essa distinção é necessária para preservar a integridade técnica do modelo. A certificação municipal baseada no ICSA possui caráter avaliativo, comparativo e territorial. A certificação de empreendimentos ou usuários exigirá matriz própria, adequada à escala organizacional e aos impactos específicos do uso da água. Já o reconhecimento de autoridades e agentes de proteção hídrica deve ser compreendido como distinção institucional, sem substituir os procedimentos técnicos exigidos para certificação.

O Selo Carranca Municipal foi estruturado como sistema de certificação em cinco níveis: Inicial, Básico, Intermediário, Avançado e Excelência, conforme Tabela 1. O nível Inicial corresponde a municípios com pontuação inferior a 40 pontos no ICSA e possui caráter diagnóstico, não configurando certificação plena. Os demais níveis representam estágios progressivos de certificação, associados à conformidade mínima, estruturação, maturidade e referência.



Tabela 1

Sistema de certificação do Selo Carranca com base no ICSA.

Nível de Certificação	Faixa de Pontuação (ICSA)	Classificação Conceitual	Situação Institucional	Representação Visual
Inicial	< 40	Diagnóstico	Estrutura incipiente	Branco
Básico	40–59	Conformidade mínima	Estrutura inicial de gestão	Azul claro
Intermediário	60–74	Estruturação	Gestão em consolidação	Azul médio
Avançado	75–89	Maturidade	Gestão consolidada	Azul forte
Excelência	≥ 90	Referência	Referência institucional	Azul escuro

Fonte: Elaborado pelos autores.

A gradação adotada evita a lógica binária de “certificado” ou “não certificado”, permitindo que os municípios identifiquem seu estágio atual e as condições necessárias para avançar. A pontuação do ICSA constitui o critério quantitativo de enquadramento, mas a concessão efetiva do selo deve estar condicionada à validação documental mínima, à consistência da base informacional e à aderência aos critérios técnicos obrigatórios.

A identidade visual do Selo Carranca integra o sistema de certificação e foi estruturada a partir de três elementos simbólicos: a carranca, associada à proteção e vigilância; a água, vinculada à sustentabilidade hídrica; e as láureas, relacionadas ao reconhecimento. Os elementos fixos compreendem símbolo, elemento hídrico, láureas, tipografia institucional e expressão “Selo Carranca”; os variáveis incluem cor, faixa inferior e elementos distintivos por nível. A paleta em gradações de azul comunica a progressão do desempenho, enquanto os parâmetros de dimensionamento, área de proteção, validade, rastreabilidade e usos permitidos ou proibidos asseguram legibilidade, integridade visual e controle institucional, conforme Tabela 2.



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSPA da UPGRH SF1

Tabela 2

Parâmetros de dimensionamento e uso institucional do Selo Carranca.

Parâmetro	Regra proposta para o Selo Carranca	Finalidade técnica
Tamanho mínimo impresso	2,0 cm de largura, preservadas as proporções originais	Garantir leitura mínima dos elementos gráficos e do nível de certificação
Tamanho mínimo digital	120 pix de largura	Preservar legibilidade em sites, painéis eletrônicos e relatórios digitais
Área de proteção	Margem livre mínima equivalente à altura da letra “C” de “Carranca”	Evitar interferência visual de textos, bordas, imagens ou outros logotipos
Fundo recomendado	Fundo claro ou neutro, com contraste suficiente	Assegurar visibilidade e leitura adequada da marca
Proporção	Vedada qualquer distorção horizontal, vertical ou angular	Preservar integridade visual e reconhecimento institucional
Cores oficiais	Uso obrigatório da paleta oficial correspondente ao nível de certificação	Impedir alteração indevida do significado visual dos níveis
Versão monocromática	Admitida apenas em documentos oficiais ou impressões simples	Permitir uso administrativo sem descaracterizar a certificação
Identificação certificado	do Recomenda-se código de rastreabilidade contendo nível, município, ano e ciclo de validade	Assegurar controle institucional, transparência e rastreabilidade
Validade visual	Uso restrito ao ciclo de certificação concedido	Evitar uso de selo vencido ou desvinculado da avaliação vigente
Usos permitidos	Certificados, relatórios técnicos, rankings públicos, sites institucionais, documentos oficiais e materiais acadêmicos	Padronizar aplicações legítimas da marca
Usos proibidos	Alterar cores, remover elementos, distorcer proporções, aplicar sombras indevidas, usar em fundo ilegível ou associar a ente não certificado	Proteger a credibilidade e a integridade do sistema

Fonte: Elaborado pelos autores.

O dimensionamento mínimo de 2,0 cm para impressão foi adotado de forma conservadora, superior ao mínimo observado em programas internacionais de rotulagem ambiental, em razão da complexidade visual do Selo Carranca, que reúne símbolo, láureas, elemento hídrico, tipografia e identificação de nível. Para uso digital, a largura mínima de 120 pix foi definida para preservar a leitura em relatórios eletrônicos, páginas institucionais.



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

No caso da modalidade municipal, o uso da marca deve indicar o município, o nível obtido, o ano de referência e o ciclo de validade. Recomenda-se a adoção de código de rastreabilidade, a exemplo de “SC-SF1-MUN-ANO-NÍVEL”, permitindo controle institucional e consulta pública dos certificados concedidos. Essa medida reforça a transparência e reduz o risco de uso indevido da marca.

A Figura 1 apresenta a identidade visual principal do Selo Carranca, composta pela carranca, elemento hídrico, láureas e assinatura institucional, e apresenta as versões correspondentes aos cinco níveis do sistema. O nível Inicial é representado como categoria diagnóstica, sem certificação plena; os níveis Básico, Intermediário, Avançado e Excelência são diferenciados por gradação cromática e elementos visuais adicionais.

Figura 1

Identidade visual do Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A paleta oficial foi definida em gradações de azul, em razão da associação direta com a dimensão hídrica da certificação. A escala cromática compreende: branco (#FFFFFF), azul claro (#5DADE2), azul médio (#2E86C1), azul forte (#1F618D) e azul escuro (#0B3C5D). A progressão cromática permite leitura imediata do nível de desempenho, favorecendo a comunicação com gestores públicos, comitês de bacia, órgãos ambientais, usuários de recursos hídricos e sociedade.

Essa organização visual permite que o selo funcione simultaneamente como instrumento de comunicação pública, reconhecimento institucional e indução de melhoria contínua, desde que utilizado de acordo com critérios técnicos, regras de validade e controle de rastreabilidade.

A implementação do Selo Carranca pressupõe arranjo mínimo de governança institucional, composto por três instâncias: órgão normativo, órgão certificador e instância recursal. O órgão normativo é responsável pela definição dos critérios, metodologia, regras de concessão, atualização dos parâmetros e integridade do sistema. O órgão certificador realiza a deliberação final sobre a concessão



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

do selo, com base na pontuação do ICSA, na auditoria das informações e na verificação dos requisitos mínimos. A instância recursal assegura revisão das decisões, conferindo transparência, segurança procedimental e legitimidade ao processo.

Para fins de operacionalização do Selo Carranca, recomenda-se que a governança institucional seja estruturada com participação central do CBH SF1 e do IGAM, respeitadas suas competências no Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O CBH SF1 poderá atuar como instância normativa e deliberativa do sistema, responsável pela validação das diretrizes gerais, critérios de enquadramento, prioridades territoriais e regras de atualização do selo. O IGAM, na condição de órgão gestor estadual de recursos hídricos, poderá exercer função técnico-institucional de apoio, validação de dados, verificação metodológica, auditoria informacional e acompanhamento dos resultados, contribuindo para a confiabilidade técnica do processo. A deliberação sobre a concessão do selo poderá ser realizada por comissão certificadora vinculada ao arranjo CBH SF1/IGAM, enquanto a instância recursal deverá assegurar revisão das decisões, transparência, contraditório administrativo e legitimidade procedimental.

O fluxo geral do sistema compreende entrada de dados, auditoria da informação, cálculo ou validação do ICSA, verificação de requisitos, classificação por níveis, concessão do Selo Carranca, publicação dos resultados, monitoramento e revalidação periódica. A entrada de dados reúne informações provenientes de bases multifonte, como ANA, IGAM, IBGE, SNIS, dados locais e informações sobre PSA. Em seguida, a auditoria verifica integridade, consistência e rastreabilidade. Somente após essa validação ocorre o enquadramento certificatório.

Esse desenho separa duas camadas essenciais: confiabilidade informacional e desempenho ambiental. A primeira assegura que os dados utilizados sejam verificáveis, consistentes e rastreáveis. A segunda expressa o resultado do município no ICSA. A certificação somente deve ocorrer quando houver compatibilidade entre essas duas camadas.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DOS MUNICÍPIOS POR NÍVEL DE CERTIFICAÇÃO

A classificação dos municípios foi realizada com base nas faixas de pontuação do Selo Carranca. Os valores do ICSA foram extraídos do artigo-base publicado por Santos e Borges (2026) e organizados segundo os níveis definidos neste estudo, conforme Tabela 3.



Tabela 3

Classificação dos municípios da UPGRH SF1 segundo o Selo Carranca.

Município	ICSA	Nível Selo Carranca
Bom Despacho	90	Excelência
Luz	90	Excelência
Piumhi	89	Avançado
Formiga	86	Avançado
Lagoa da Prata	81	Avançado
Santo Antônio do Monte	81	Avançado
Arcos	77	Avançado
BambuÍ	74	Intermediário
Martinho Campos	70	Intermediário
Dores do Indaiá	67	Intermediário
Abaeté	66	Intermediário
Pimenta	64	Intermediário
Pains	61	Intermediário
São Roque de Minas	57	Básico
Iguatama	56	Básico
Capitólio	44	Básico
Moema	44	Básico
Córrego Fundo	26	Inicial
Vargem Bonita	26	Inicial
Campos Altos	20	Inicial
Japaraíba	13	Inicial
Medeiros	13	Inicial
Córrego Danta	11	Inicial
Quartel Geral	11	Inicial
Estrela do Indaiá	10	Inicial
Tapiraí	10	Inicial
Doresópolis	9	Inicial
Pratinha	9	Inicial
Serra da Saudade	7	Inicial

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Santos e Borges (2026).

A aplicação do Selo Carranca aos 29 municípios da UPGRH SF1 evidenciou forte heterogeneidade territorial no desempenho hídrico-ambiental. Considerando as faixas de classificação do ICSA, 12 municípios foram enquadrados no nível Inicial, correspondente a pontuações inferiores a 40, representando aproximadamente 41,4% do total. No nível Básico, com faixa entre 40 e 59 pontos,



foram classificados quatro municípios, equivalentes a 13,8%. O nível Intermediário, definido pela faixa de 60 a 74 pontos, reuniu seis municípios, correspondendo a 20,7%. Já o nível Avançado, com pontuação entre 75 e 89, contemplou cinco municípios, ou 17,2% do total. Por fim, apenas dois municípios alcançaram o nível Excelência, correspondente a pontuações iguais ou superiores a 90, representando 6,9% da amostra. O predomínio de municípios no nível Inicial demonstra que parcela expressiva da UPGRH SF1 apresenta fragilidades acumuladas em múltiplas dimensões do ICSA. Esse resultado reforça a importância do Selo Carranca como instrumento de diagnóstico público e sensibilização institucional, pois torna visível a necessidade de estruturação básica em municípios que ainda não alcançaram condições mínimas para certificação plena.

4.3 SELO CARRANCA COMO INSTRUMENTO DE SENSIBILIZAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA

A principal contribuição aplicada do Selo Carranca consiste em transformar o diagnóstico técnico do ICSA em linguagem institucional acessível, convertendo tabelas, mapas e indicadores em níveis progressivos de certificação capazes de facilitar a compreensão pública, estimular a mobilização política e induzir melhoria contínua. Ao associar desempenho hídrico-ambiental a reconhecimento público, o selo cria incentivo reputacional para que municípios aprimorem subindicadores dependentes de decisão institucional e engajamento local, como adimplência pela cobrança pelo uso da água, participação no CBH SF1, estruturação de banco de dados municipal, implantação de PSA hídrico, monitoramento fluvial e educação ambiental.

Nesse sentido, a certificação não se limita ao reconhecimento de desempenho, mas funciona como instrumento de priorização de políticas públicas, orientando ações voltadas ao tratamento adequado de resíduos sólidos e efluentes sanitários, redução de erosão e assoreamento, estruturação de dados, ampliação do monitoramento hídrico, obtenção de recursos e fomentos, fortalecimento da governança de bacia, implementação de PSA e consolidação de ações permanentes de educação ambiental.

A lógica por níveis permite estabelecer metas progressivas: municípios em nível Inicial podem concentrar-se em dados, planejamento e saneamento básico; municípios Básicos podem avançar em monitoramento, PSA e governança; municípios Intermediários podem integrar políticas e corrigir dimensões frágeis; e municípios Avançados ou de Excelência podem atuar como referências territoriais, compartilhando boas práticas e liderando estratégias intermunicipais. Essa dinâmica é compatível com princípios de certificação ambiental, especialmente verificação de critérios, melhoria contínua, comunicação pública de desempenho e revalidação periódica (ISO, 2022, 2026a, 2026b), diferenciando



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

o Selo Carranca de modelos meramente declaratórios por sua ancoragem em indicadores, fontes oficiais, critérios técnicos, atualização periódica e validação informacional.

No âmbito da governança de bacia, o selo pode apoiar comitês e órgãos gestores na mobilização de municípios, direcionamento de capacitações, priorização de apoio técnico, estímulo a programas intermunicipais, identificação de boas práticas e orientação de chamadas públicas, projetos de PSA, ações de saneamento, campanhas de educação ambiental e estratégias de recuperação hidroambiental.

Embora o foco inicial seja a certificação municipal baseada no ICSA, o Selo Carranca pode ser futuramente expandido para empreendimentos e usuários de recursos hídricos, considerando que parte relevante dos impactos na bacia decorre de usos econômicos, captações, lançamentos de efluentes, barramentos, manejo inadequado do solo, erosão, disposição de resíduos e ausência de monitoramento. Nessa modalidade, não se recomenda aplicar automaticamente o ICSA municipal, pois a unidade de análise passa a ser o empreendimento ou usuário; por isso, deve ser construída matriz própria, inspirada no ICSA e alinhada ao AWS Standard, contemplando regularidade hídrica, outorga ou cadastro, adimplência pelo uso da água, eficiência hídrica, redução de perdas, reúso, tratamento de efluentes, gestão de resíduos, controle de erosão, proteção de nascentes, monitoramento próprio, transparência de dados, participação em PSA e contribuição para recuperação hidroambiental.

Essa certificação deve observar avaliação de conformidade, rastreabilidade, auditoria e revalidação periódica, sem substituir licenciamento, outorga ou fiscalização ambiental, mas reconhecendo usuários com desempenho superior e contribuição efetiva para a sustentabilidade da bacia. Além disso, propõe-se a modalidade Reconhecimento Carranca, distinta da certificação de conformidade, voltada a autoridades, gestores, produtores rurais, instituições, entidades públicas ou privadas e lideranças que contribuam para proteção hídrica, recuperação ambiental, fortalecimento da governança ou boas práticas na bacia. A separação entre certificação e reconhecimento preserva a credibilidade técnica do selo: a certificação exige critérios mensuráveis, dados e verificação, enquanto o reconhecimento considera mérito, relevância da ação, comprovação de resultados, impacto territorial e contribuição para a bacia.

O modelo aplicado à UPGRH SF1 possui potencial de replicação para outras unidades hidrográficas, desde que indicadores, faixas, critérios técnicos, governança institucional e identidade visual sejam adaptados ao contexto territorial e às bases disponíveis. Sua aplicação periódica pode apoiar estratégias estaduais ou regionais, monitorar evolução municipal, reconhecer boas práticas e orientar políticas públicas, desde que acompanhada de atualização de dados, auditoria mínima e revisão periódica de critérios, preservando o Selo Carranca como sistema institucional dinâmico, e não como produto visual isolado.



5 CONCLUSÃO

O estudo propôs o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal baseado no ICSA e aplicado aos 29 municípios da UPGRH SF1, partindo da premissa de que índices compostos podem ultrapassar o diagnóstico técnico e atuar como instrumentos de reconhecimento, sensibilização, comunicação pública e indução de melhoria contínua.

A aplicação classificou os municípios em cinco níveis: Inicial, Básico, Intermediário, Avançado e Excelência, evidenciando forte heterogeneidade territorial, com predominância do nível Inicial e poucos casos de Excelência, alcançados por Bom Despacho e Luz; já Piumhi, Formiga, Lagoa da Prata, Santo Antônio do Monte e Arcos foram enquadrados no nível Avançado.

A principal contribuição está na conversão do ICSA em certificação ambiental municipal, tornando resultados técnicos mais acessíveis a gestores, comitês de bacia, órgãos ambientais e sociedade, com potencial de indução em temas como adimplência pelo uso da água, PSA hídrico, saneamento, resíduos e efluentes, erosão, assoreamento, monitoramento, planejamento, dados e educação ambiental. Teoricamente, o artigo integra governança da água, indicadores compostos, certificação ambiental, avaliação de conformidade, certificação territorial e *stewardship* hídrico; na prática, oferece ferramenta aplicável à gestão municipal e à governança de bacia, com possibilidade de replicação para outras unidades hidrográficas.

Embora focado na matriz municipal, o modelo pode ser expandido para empreendimentos e usuários de recursos hídricos, mediante matriz própria, e também admitir modalidade honorífica para reconhecer atores que contribuam para a proteção hídrica. Como limitações, destacam-se a dependência da qualidade, periodicidade e disponibilidade dos dados do ICSA e a necessidade de validação documental, procedimentos institucionais de concessão, revisão, revalidação e eventual suspensão.

Pesquisas futuras podem aprimorar auditorias, testar o modelo em outras bacias, desenvolver matriz para usuários e empreendimentos e avaliar sua capacidade de induzir mudanças reais no desempenho municipal. Conclui-se que o Selo Carranca constitui proposta inovadora de certificação hídrico-ambiental municipal, articulando diagnóstico técnico, identidade territorial, reconhecimento institucional e indução de políticas públicas, ao associar o simbolismo da carranca à proteção das águas e à excelência em gestão ambiental.



REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021). *Manual de implementação de programas de pagamento por serviços ambientais hídricos*. ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2023). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023*. ANA.
- Alliance for Water Stewardship. (2019). *AWS international water stewardship standard* (Version 2.0). Alliance for Water Stewardship. https://a4ws.org/wp-content/uploads/2019/03/AWS_Standard_2.0_2019_Final.pdf.
- Blue Flag. (2026). *Blue Flag programme*. Retrieved June 12, 2026, from <https://www.blueflag.global/>.
- Brasil. (1997). *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*.
- Brasil. (2021). *Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais*.
- European Commission. (2025a). *EU Ecolabel logo guidelines*. Publications Office of the European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/aaf2a1b7-466e-11f0-b9f2-01aa75ed71a1/language-en>.
- European Commission. (2025b). *European Green Capital and European Green Leaf Awards*. <https://environment.ec.europa.eu/>.
- International Organization for Standardization. (2018). *Sustainable cities and communities — Indicators for city services and quality of life* (ISO 37120:2018). ISO.
- International Organization for Standardization. (2019). *Water efficiency management systems — Requirements with guidance for use* (ISO 46001:2019). ISO.
- International Organization for Standardization. (2022). *Environmental statements and programmes for products — Principles and general requirements* (ISO 14020:2022). ISO.
- International Organization for Standardization. (2023). *Environmental management systems — Guidelines for using ISO 14001 to address environmental aspects and conditions within an environmental topic area — Part 2: Water* (ISO 14002-2:2023). ISO.
- International Organization for Standardization. (2026a). *Environmental management systems — Requirements with guidance for use* (ISO 14001:2026). ISO.
- International Organization for Standardization. (2026b). *Environmental statements and programmes for products — Ecolabels* (ISO 14024:2026). ISO.
- International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2012). *Conformity assessment — Requirements for bodies certifying products, processes and services* (ISO/IEC 17065:2012). ISO.



Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental:
Proposta de Certificação do Desempenho Municipal Baseada no ICSA da UPGRH SF1

- International Organization for Standardization, & International Electrotechnical Commission. (2015). *Conformity assessment — Requirements for bodies providing audit and certification of management systems — Part 1: Requirements* (ISO/IEC 17021-1:2015). ISO.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. European Commission.
- Nordic Swan Ecolabel. (2026). *Guidelines and logos*. Retrieved June 12, 2026, from <https://www.nordic-swan-ecolabel.org/how-to-apply/regulations-guidelines-logos/logos-and-guidelines/>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *OECD principles on water governance*. OECD Publishing.
- Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365.
- Santos, F. A. dos, Borges, L. A. C., & Silva, D. H. C. (2025a). Analysis of granting and registration data from the watershed of the tributaries of the Upper São Francisco River – SF1, contained in the IDE-SISEMA. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), e010856. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-067>.
- Santos, F. A. dos, Borges, L. A. C., & Silva, D. H. C. (2025b). PES and the restoration of degraded areas: Challenges and prospects for small rural producers in the SF1 watershed. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), e011099. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-170>.
- Santos, F. A. dos, & Borges, L. A. C. (2026). Composite Index of Water Environmental Sustainability (ICSA): Evaluation of Municipal Performance in the UPGRH SF1. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 20(5), e014440. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v20n5-013>.
- U.S. Green Building Council. (2025). *USGBC trademark policy and branding guidelines*. <https://support.usgbc.org/hc/en-us/articles/11941118063891-USGBC-Trademark-Policy-and-Branding-Guidelines>.
- U.S. Green Building Council. (2026). *LEED for Cities and LEED for Communities*. Retrieved June 12, 2026, from <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/leed-for-cities-leed-for-communities>.
- World Council on City Data. (2026). *WCCD ISO 37120 series on city data*. Retrieved June 12, 2026, from <https://www.dataforcities.org/wccd-iso-37120-series-on-city-data>.

TERCEIRA PARTE

1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese analisou a governança e a sustentabilidade hídrico-ambiental municipal na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Afluentes do Alto São Francisco (UPGRH SF1), mediante um percurso investigativo que articulou o diagnóstico dos instrumentos de regularização dos usos da água, a análise das iniciativas de conservação e restauração ambiental, o desenvolvimento e a aplicação de um índice composto e a proposição de um sistema de certificação municipal.

A organização da pesquisa em quatro estudos inter-relacionados permitiu examinar o objeto sob diferentes perspectivas, sem perder a unidade conceitual e territorial da tese. O primeiro artigo demonstrou que o crescimento quantitativo das outorgas e dos cadastros de usos considerados insignificantes não corresponde, necessariamente, ao fortalecimento equivalente da capacidade de controle e gestão dos recursos hídricos. O segundo evidenciou que os instrumentos de conservação e restauração, especialmente os projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), dependem da mobilização social, da participação dos pequenos produtores, da assistência técnica e da continuidade institucional. O terceiro integrou diferentes variáveis no Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA), permitindo comparar os 29 municípios da UPGRH SF1. O quarto converteu os resultados do índice em uma proposta de certificação municipal, denominada Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental.

Os resultados demonstram que a sustentabilidade hídrico-ambiental municipal não pode ser compreendida apenas por meio da existência formal de instrumentos de gestão, do volume de infraestrutura disponível ou do número de ações ambientais registradas. O desempenho municipal decorre da convergência entre capacidade institucional, saneamento, controle da poluição, conservação ambiental, produção e gestão de informações, monitoramento, educação ambiental e participação social.

A principal conclusão da tese é que a governança hídrica se torna mais efetiva quando os dados produzidos pelos diferentes instrumentos são organizados em estrutura integrada, comparável, territorialmente referenciada e capaz de orientar decisões. O ICSA atende à função de diagnosticar e mensurar essas condições, enquanto o Selo Carranca foi proposto para comunicar os resultados, reconhecer níveis de desempenho e estimular processos contínuos de aperfeiçoamento. Entretanto, a capacidade efetiva da certificação de produzir mudanças

institucionais somente poderá ser examinada após sua implantação e aplicação em ciclos sucessivos, comparando-se o desempenho dos municípios antes e após a certificação e ao longo das reavaliações periódicas.

1.1 Síntese integradora dos resultados

O primeiro eixo da pesquisa examinou a regularização dos usos da água na UPGRH SF1, considerando as outorgas de direito de uso dos recursos hídricos e os cadastros de usos considerados insignificantes. Os resultados evidenciaram crescimento expressivo dos registros no período analisado, especialmente dos cadastros simplificados. Esse crescimento indica ampliação do acesso aos procedimentos de regularização, mas também revelou fragilidades relacionadas à qualidade, à completude e à verificabilidade das informações disponíveis.

A natureza autodeclaratória de parte dos dados, a utilização de diferentes unidades de medida, a existência de campos incompletos e as alterações ocorridas nas bases da IDE-Sisema dificultam a comparação temporal e reduzem a capacidade de acompanhamento dos usos efetivamente realizados. Dessa forma, o aumento do número de registros não deve ser interpretado isoladamente como evidência de maior segurança hídrica ou de maior efetividade da gestão.

A simplificação administrativa possui relevância para ampliar a regularização dos usuários, especialmente nas intervenções de menor impacto. Contudo, sua legitimidade depende da existência de mecanismos de verificação, auditoria, rastreabilidade e monitoramento. A ausência desses mecanismos pode produzir uma situação na qual a regularidade documental não corresponda integralmente à realidade das captações, dos volumes utilizados e das pressões acumuladas sobre os recursos hídricos.

O diagnóstico das outorgas e dos cadastros demonstrou, portanto, que a informação constitui elemento central da governança da água. Dados inconsistentes ou não verificáveis limitam a fiscalização, o planejamento, a avaliação da disponibilidade hídrica e a priorização das ações. A qualidade informacional não deve ser tratada apenas como questão operacional dos sistemas eletrônicos, mas como componente essencial da capacidade institucional de gerir os usos múltiplos da água.

O segundo eixo analisou os projetos de PSA relacionados à restauração de áreas degradadas, com ênfase na participação dos pequenos produtores rurais. A UPGRH SF1 apresentou posição de destaque no contexto estadual e nacional quanto à presença de projetos vinculados à conservação da água e do solo. Esse resultado demonstra a existência de

capacidade regional de mobilização, articulação institucional e desenvolvimento de iniciativas voltadas à proteção dos mananciais.

Entretanto, a presença de projetos não assegura, por si só, sua continuidade ou efetividade de longo prazo. A restauração ambiental exige planejamento, definição de áreas prioritárias, disponibilidade de mudas e insumos, assistência técnica, financiamento, manutenção das intervenções e monitoramento dos resultados. Também depende da adesão dos proprietários e da conciliação entre conservação ambiental, produção rural e condições socioeconômicas locais.

A participação dos pequenos produtores mostrou-se particularmente relevante, pois parcela expressiva das intervenções de conservação ocorre em propriedades privadas localizadas em áreas de nascentes, recarga, margens de cursos de água e setores suscetíveis à erosão. A inclusão desses produtores requer políticas acessíveis, apoio técnico continuado, segurança quanto à manutenção dos pagamentos e reconhecimento dos custos de oportunidade associados às práticas conservacionistas.

A mobilização social foi identificada como elemento transversal à implementação e à permanência dos projetos de PSA. O envolvimento das comunidades, dos proprietários, das administrações municipais, das instituições ambientais e dos demais atores territoriais favorece a legitimidade das intervenções e a continuidade das ações após a fase inicial de implantação. Assim, a conservação hídrica deve ser compreendida simultaneamente como processo ecológico, econômico, social e institucional.

Os dois primeiros estudos demonstraram que os instrumentos de regularização e conservação, embora essenciais, oferecem diagnósticos parciais quando examinados isoladamente. Um município pode apresentar quantidade elevada de registros de usos da água e, ao mesmo tempo, possuir fragilidades no saneamento, na conservação do solo ou na produção de informações. De modo semelhante, a existência de projeto de PSA não significa que o território disponha de estrutura adequada de monitoramento, tratamento de efluentes, gestão de resíduos ou participação institucional.

Essa constatação fundamentou o terceiro eixo da tese, correspondente ao desenvolvimento e à aplicação do ICSA. O índice foi estruturado a partir de 14 subindicadores distribuídos em cinco dimensões: gestão institucional e governança; saneamento e controle da poluição; conservação ambiental e recuperação; informação e monitoramento hídrico; e educação e mobilização ambiental.

A aplicação do ICSA aos 29 municípios possibilitou converter dados de diferentes naturezas em uma métrica comum, com resultado final em escala de zero a cem. Nos resultados publicados, os 14 subindicadores receberam pesos equivalentes, correspondendo cada um a aproximadamente 7,14% do índice final. Complementarmente, a agregação hierárquica por cinco dimensões foi utilizada em análise de sensibilidade para verificar a estabilidade dos resultados diante de estratégia alternativa de ponderação.

Os resultados evidenciaram elevada heterogeneidade territorial. Os melhores desempenhos decorreram da convergência entre governança ativa, infraestrutura de saneamento, capacidade informacional, monitoramento, conservação e mobilização ambiental. Em sentido oposto, os menores escores resultaram da acumulação de fragilidades em diferentes dimensões, demonstrando que os déficits hídrico-ambientais possuem caráter sistêmico.

Municípios como Bom Despacho e Luz alcançaram os maiores resultados do índice, enquanto Piumhi, Formiga, Lagoa da Prata, Santo Antônio do Monte e Arcos também apresentaram desempenho elevado. Esses resultados não se explicam por uma única variável, mas pela presença simultânea de condições favoráveis em diferentes dimensões. Nos municípios com menor pontuação, observaram-se ausências ou insuficiências relacionadas ao saneamento, aos instrumentos de planejamento, aos sistemas de informação, ao monitoramento, à conservação e à educação ambiental.

A análise espacial complementou a comparação numérica ao demonstrar que os desempenhos não se distribuem uniformemente no território. A concentração de melhores resultados em determinados municípios indica que a difusão de capacidades institucionais, programas de PSA, sistemas de informação e estruturas de saneamento permanece desigual. Esse padrão reforça a necessidade de políticas diferenciadas, adequadas às fragilidades específicas de cada município.

O ICSA não deve ser interpretado apenas como classificação ordenada dos municípios. Sua principal utilidade consiste na possibilidade de desagregar os resultados e identificar quais dimensões e subindicadores demandam intervenção. Dois municípios com pontuação semelhante podem apresentar fragilidades distintas e, conseqüentemente, necessitar de estratégias diferentes. A leitura do índice deve, portanto, combinar o resultado global com a análise dos componentes que o formam.

O quarto eixo da pesquisa partiu do entendimento de que a produção de um diagnóstico técnico não assegura sua utilização institucional. Índices e relatórios podem permanecer restritos ao ambiente acadêmico quando não são convertidos em linguagem compreensível, mecanismos de responsabilização, processos de reconhecimento e estímulos à melhoria.

Nesse contexto, foi proposto o Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental como sistema de certificação municipal baseado no ICOSA. O modelo foi estruturado em cinco níveis: Inicial, Básico, Intermediário, Avançado e Excelência. O nível Inicial possui caráter diagnóstico e não representa certificação plena, enquanto os demais correspondem a estágios progressivos de estruturação e desempenho.

Na aplicação demonstrativa, 12 municípios foram classificados no nível Inicial, quatro no Básico, seis no Intermediário, cinco no Avançado e dois no nível Excelência. A predominância dos níveis inferiores evidencia que parcela significativa dos municípios ainda apresenta lacunas estruturais que impedem o alcance de níveis mais elevados de sustentabilidade hídrico-ambiental.

A classificação proposta não deve funcionar como mecanismo de exposição negativa ou punição. O enquadramento inicial deve orientar a elaboração de planos de melhoria e a priorização de ações. A progressão entre os níveis depende da atualização dos dados, da comprovação das informações e da efetiva evolução das políticas e práticas municipais.

O Selo Carranca foi concebido com duas camadas complementares. A primeira corresponde à confiabilidade das informações, envolvendo integridade, consistência, comprovação e rastreabilidade das evidências. A segunda corresponde ao desempenho expresso pelo ICOSA. A certificação somente deve ser concedida quando houver compatibilidade entre essas duas camadas, evitando que uma pontuação elevada, baseada em informações não verificadas, seja suficiente para o reconhecimento.

A proposta incorpora critérios técnicos obrigatórios, governança institucional, auditoria informacional, publicidade dos resultados, monitoramento, prazo de validade, revalidação e possibilidade de revisão ou suspensão. Dessa forma, o selo não se limita à criação de identidade visual, mas constitui modelo de governança destinado a conectar avaliação técnica, reconhecimento institucional e melhoria contínua.

A integração dos quatro estudos permite identificar uma sequência lógica. Os dados de regularização demonstram a necessidade de informação confiável; os projetos de PSA demonstram a importância da conservação e da mobilização social; o ICOSA organiza essas e outras dimensões em métrica comparável; e o Selo Carranca propõe converter a avaliação em instrumento institucional. Em síntese, o percurso desenvolvido pode ser representado pela relação entre informação, diagnóstico, avaliação, reconhecimento e melhoria.

1.2 Avaliação da hipótese

A hipótese geral da tese foi constituída por dois componentes. O primeiro sustentou que a integração de dados oficiais e de variáveis institucionais, ambientais, operacionais, informacionais e sociais em um índice composto permitiria identificar, comparar e espacializar assimetrias de sustentabilidade hídrico-ambiental entre os municípios da UPGRH SF1. O segundo considerou que a vinculação do índice a um sistema de certificação municipal possuiria potencial para ampliar a utilidade institucional do diagnóstico, favorecer a transparência, orientar prioridades e estimular processos de melhoria contínua.

O primeiro componente foi corroborado pelos resultados da construção e da aplicação do ICSA. A normalização e a agregação dos 14 subindicadores possibilitaram obter escores dimensionais e resultados finais comparáveis para os 29 municípios. A análise permitiu identificar diferenças expressivas de desempenho, reconhecer padrões territoriais e demonstrar que os melhores resultados decorrem da convergência entre múltiplas dimensões.

A espacialização dos escores confirmou que as assimetrias não são apenas estatísticas, mas também territoriais. A distribuição desigual das capacidades institucionais, das estruturas de saneamento, dos sistemas de informação, dos projetos de conservação e das ações de educação ambiental produz padrões localizados de desempenho. Dessa maneira, a utilização de índice composto mostrou-se adequada para sintetizar as informações e, simultaneamente, preservar a possibilidade de desagregação e interpretação das fragilidades específicas.

Os resultados também confirmaram a premissa de que avaliações setoriais não são suficientes para representar a sustentabilidade hídrico-ambiental municipal. Nenhuma das dimensões, isoladamente, explicou todo o desempenho observado. Municípios com infraestrutura relativamente adequada podem apresentar limitações informacionais ou institucionais, enquanto municípios com iniciativas de conservação podem manter déficits de saneamento ou gestão de resíduos.

O segundo componente da hipótese foi sustentado em termos conceituais, metodológicos e operacionais pela proposição do Selo Carranca. Foi demonstrada a possibilidade de transformar os resultados do ICSA em níveis de certificação, critérios técnicos, mecanismos de validação, identidade visual e fluxo institucional de concessão, monitoramento e revalidação.

Entretanto, esse componente não pode ser considerado empiricamente confirmado. O Selo Carranca foi desenvolvido e aplicado de maneira demonstrativa aos resultados do ICSA, mas ainda não passou por processo oficial de institucionalização, concessão, auditoria e

acompanhamento de seus efeitos sobre as administrações municipais. Não foram mensuradas mudanças efetivas de comportamento, alocação de recursos, transparência, participação ou melhoria dos indicadores decorrentes da certificação.

Assim, a hipótese geral foi corroborada quanto à capacidade do ICSA de integrar dados e revelar assimetrias municipais. Quanto ao Selo Carranca, os resultados demonstraram sua viabilidade como modelo propositivo e seu potencial de aplicação institucional, mas sua capacidade de induzir melhoria contínua deverá ser testada em ciclos futuros.

A questão de pesquisa foi respondida mediante a construção de uma arquitetura composta por duas ferramentas complementares. O ICSA integra e compara as dimensões da sustentabilidade hídrico-ambiental; o Selo Carranca propõe converter essa avaliação em instrumento de reconhecimento, comunicação pública e orientação de prioridades. A resposta obtida, contudo, não encerra o processo investigativo, pois a efetividade da certificação dependerá de implantação, monitoramento e revisão periódica.

1.3 Contribuições científicas e metodológicas

A primeira contribuição científica da tese consiste na articulação entre governança da água e sustentabilidade hídrico-ambiental em escala municipal. A gestão de recursos hídricos costuma ser analisada prioritariamente a partir da escala da bacia, dos órgãos gestores ou dos instrumentos definidos nas políticas nacional e estadual. Esta pesquisa demonstrou que a atuação municipal influencia diretamente o desempenho da unidade hidrográfica, especialmente por meio das políticas de saneamento, resíduos sólidos, uso do solo, conservação, educação ambiental, planejamento e produção de informações.

A segunda contribuição reside na integração de temas frequentemente estudados de maneira separada. Outorgas, cadastros, PSA, restauração, saneamento, monitoramento, governança, educação ambiental e certificação foram articulados em um mesmo percurso analítico. Essa integração possibilitou compreender que as fragilidades da gestão não decorrem apenas da inexistência de instrumentos, mas também de problemas de informação, implementação, coordenação e continuidade.

A terceira contribuição corresponde à construção do ICSA como instrumento específico para avaliação municipal em uma unidade hidrográfica. O modelo reúne 14 subindicadores em cinco dimensões e utiliza fontes oficiais, normalização em escala comum, agregação dimensional, comparação intermunicipal, procedimentos estatísticos e análise geoespacial.

A utilização de pesos equivalentes entre os 14 subindicadores constitui a estratégia de agregação adotada nos resultados publicados do ICSA. Complementarmente, foi testada uma estratégia hierárquica com pesos equivalentes entre as cinco dimensões, destinada a avaliar a sensibilidade do índice às diferentes formas de ponderação. A elevada concordância entre as duas estratégias indicou relativa estabilidade da classificação, embora tenham ocorrido alterações de faixa em municípios próximos aos limites das classes.

Outra contribuição metodológica consiste na combinação entre síntese e desagregação. O ICSA oferece um resultado final de fácil interpretação, mas mantém os escores dimensionais e os valores dos subindicadores. Essa estrutura reduz o risco de utilização do índice como classificação desconectada das condições que explicam o desempenho municipal.

A análise geoespacial ampliou a capacidade interpretativa do índice ao revelar concentrações, padrões territoriais e desigualdades entre municípios. A integração entre dados multidimensionais, estatística e representação cartográfica mostrou-se adequada para apoiar o planejamento hídrico-ambiental em escala regional.

A proposição do Selo Carranca como sistema de certificação representa contribuição científica e metodológica adicional ao conectar indicadores compostos, certificação ambiental, avaliação de conformidade, governança territorial e identidade cultural. O modelo ultrapassa a utilização do índice como instrumento exclusivamente diagnóstico e propõe sua incorporação a um sistema de reconhecimento institucional.

A estruturação da certificação em níveis progressivos permite diferenciar municípios em condições distintas e orientar trajetórias de melhoria. A introdução de critérios obrigatórios e de uma camada específica de confiabilidade informacional reduz o risco de certificação baseada apenas em pontuação agregada. A previsão de auditoria, monitoramento, revalidação e instância recursal aproxima o modelo das exigências de integridade próprias dos sistemas de avaliação de conformidade.

A tese também apresenta contribuição quanto à replicabilidade. O percurso metodológico pode ser adaptado para outras unidades hidrográficas, desde que sejam consideradas as particularidades ambientais, institucionais, socioeconômicas e informacionais de cada território. A replicação não deve consistir na transferência automática dos mesmos indicadores e faixas, mas na aplicação dos princípios de integração, comparabilidade, transparência e validação.

1.4 Contribuições institucionais e aplicadas

No campo institucional, o ICSA oferece aos municípios, ao CBH SF1, ao IGAM e aos demais atores da governança hídrica uma estrutura comum para organização e interpretação de informações. A existência de métrica integrada pode favorecer a identificação de prioridades, o acompanhamento da evolução municipal e a comunicação entre instituições responsáveis por diferentes políticas públicas.

Para as administrações municipais, a principal aplicação consiste na possibilidade de reconhecer as dimensões que limitam seu desempenho. Os resultados podem subsidiar planos de ação específicos, como ampliação do tratamento de esgoto, aprimoramento da gestão de resíduos, criação ou atualização de bancos de dados, implantação de monitoramento, proteção de nascentes, controle de erosão, desenvolvimento de programas de PSA e fortalecimento da educação ambiental.

O índice também pode apoiar a priorização de recursos. Municípios com fragilidades concentradas em determinadas dimensões podem receber assistência técnica, capacitação ou financiamento direcionado. Da mesma maneira, municípios com desempenho elevado podem compartilhar práticas e experiências com os demais integrantes da unidade hidrográfica.

No âmbito do comitê de bacia, o ICSA pode contribuir para o planejamento e para a definição de ações financiadas pelos instrumentos econômicos da política de recursos hídricos. Sua aplicação periódica permitiria acompanhar a evolução dos municípios e verificar se os investimentos realizados estão associados à melhoria das dimensões avaliadas.

O Selo Carranca amplia essa utilidade ao traduzir os resultados em níveis compreensíveis para gestores e sociedade. A certificação pode aumentar a visibilidade das boas práticas, fortalecer a transparência e criar incentivo reputacional para a melhoria do desempenho. Para preservar sua credibilidade, entretanto, sua utilização deve estar vinculada à comprovação das informações e à existência de regras claras de concessão.

A identidade territorial associada à carranca constitui elemento de comunicação e pertencimento. O símbolo estabelece vínculo com o rio São Francisco e pode favorecer a apropriação regional do sistema. Essa identidade, entretanto, deve permanecer subordinada à integridade técnica da certificação, evitando que o selo seja reduzido a marca promocional sem correspondência com o desempenho efetivamente verificado.

O modelo de governança proposto prevê a existência de instância normativa, órgão certificador e instância recursal. O CBH SF1 e o IGAM apresentam competências e capacidades potencialmente complementares para participação no sistema, especialmente na definição dos

critérios, na articulação territorial, no acesso às bases de dados e no acompanhamento dos resultados. A atribuição efetiva dessas funções dependerá, contudo, de formalização jurídica, administrativa e institucional.

A certificação municipal constitui a aplicação principal e mais desenvolvida da proposta. Eventual expansão para empreendimentos e usuários de recursos hídricos deverá utilizar matriz própria, compatível com os impactos e as responsabilidades dessas unidades de análise. Da mesma forma, o reconhecimento de pessoas, instituições ou iniciativas deve permanecer separado da certificação técnica, evitando confusão entre mérito institucional e conformidade mensurável.

O valor aplicado da tese não se limita aos produtos finais. O percurso desenvolvido oferece base para melhorar a governança dos dados, fortalecer a articulação entre políticas setoriais e aproximar o planejamento municipal da gestão de bacia. A contribuição central consiste na criação de uma sequência institucional que parte da produção de informações confiáveis, avança para o diagnóstico e culmina na definição de prioridades e no acompanhamento da melhoria.

1.5 Limitações da tese

A primeira limitação relaciona-se à utilização de dados secundários provenientes de diferentes instituições. As bases consultadas apresentam periodicidades, anos de referência, critérios de atualização e níveis de detalhamento distintos. Dessa forma, o ICSA não representa uma fotografia perfeitamente simultânea dos 29 municípios, mas uma síntese construída com as informações oficiais mais recentes disponíveis para cada variável no período de elaboração da pesquisa.

As alterações ocorridas nas bases de outorgas e cadastros também limitaram a construção de séries históricas. A redução do período disponibilizado, a modificação de campos e a ausência de registros anteriormente acessíveis demonstram que a preservação e o versionamento das bases ainda constituem desafios. A natureza autodeclaratória dos cadastros adiciona incerteza quanto à correspondência entre as informações registradas e os usos efetivamente realizados.

No estudo sobre PSA, a disponibilidade desigual de informações públicas dificultou a comparação detalhada entre os projetos. Não foi possível avaliar, de maneira uniforme, os valores pagos, a extensão das áreas restauradas, a sobrevivência das mudas, a redução de

processos erosivos, os efeitos sobre a quantidade e a qualidade da água e a permanência das ações ao longo do tempo.

A análise do PSA baseou-se principalmente em documentos, bases institucionais e informações disponibilizadas pelos programas. A pesquisa não incluiu entrevistas sistemáticas ou aplicação de questionários aos produtores participantes. Dessa maneira, as conclusões sobre mobilização social e inclusão dos pequenos produtores refletem a análise das fontes consultadas e não substituem estudos de percepção realizados diretamente com os beneficiários.

A utilização predominante de dados secundários provenientes de bases oficiais constitui simultaneamente uma limitação e uma característica estratégica do modelo. Embora diferenças de atualização, periodicidade e qualidade das fontes introduzam incertezas, o emprego de informações já produzidas pelos sistemas públicos reduz custos de aplicação, aumenta a viabilidade operacional e favorece a replicabilidade do ICSA em outras unidades hidrográficas.

O ICSA, como todo índice composto, depende de decisões conceituais e metodológicas relacionadas à seleção dos subindicadores, normalização, ponderação e agregação. A análise complementar demonstrou elevada concordância entre a agregação direta dos 14 subindicadores e a agregação hierárquica por cinco dimensões, mas também evidenciou que diferentes estruturas de ponderação podem produzir variações nos escores e alterar a classificação de municípios situados próximos aos limites das faixas. Essa sensibilidade deve ser considerada na interpretação dos resultados e reforça a necessidade de explicitação prévia da regra de agregação e de sua avaliação em aplicações futuras. Estudos adicionais de sensibilidade poderão avaliar a estabilidade do índice diante de outras formas de ponderação e agregação.

A utilização de variáveis binárias, ordinais e categóricas simplifica fenômenos que, na prática, apresentam diferentes graus de implementação e efetividade. A existência formal de plano, programa ou sistema de informação não assegura que ele esteja atualizado, operacional ou incorporado à tomada de decisão. Por essa razão, futuras aplicações devem ampliar a verificação documental e distinguir existência, implementação e resultados.

A agregação municipal também pode ocultar desigualdades internas. Um município pode apresentar desempenho médio elevado e, simultaneamente, possuir localidades rurais, comunidades ou microbacias com condições críticas. O ICSA deve ser utilizado como instrumento de análise municipal e regional, não como substituto de diagnósticos locais mais detalhados.

A pesquisa possui natureza predominantemente descritiva, comparativa e propositiva. Os resultados permitem identificar associações e padrões, mas não estabelecem relações causais

definitivas entre os subindicadores e o desempenho hídrico-ambiental. A constatação de que municípios com maior capacidade institucional apresentam melhores resultados não significa, isoladamente, que determinada ação tenha causado a elevação do índice.

O Selo Carranca constitui proposta institucional ainda não submetida à aplicação oficial. Não foram testados os custos administrativos, a disponibilidade de equipes de auditoria, a aceitação pelos municípios, a capacidade de resolução de recursos, os efeitos reputacionais ou a influência da certificação sobre decisões orçamentárias. A classificação apresentada possui finalidade demonstrativa e não representa concessão oficial de selo aos municípios.

Por fim, o recorte territorial da UPGRH SF1 limita a generalização automática dos resultados. A unidade apresenta características ambientais, históricas, culturais e institucionais próprias. A aplicação do ICSA e do Selo Carranca em outras unidades hidrográficas dependerá de revisão dos indicadores, das fontes, das faixas de classificação e do modelo de governança.

1.6 Recomendações e perspectivas futuras

Recomenda-se, inicialmente, o aprimoramento da governança das informações relacionadas aos usos da água. As bases de outorgas e cadastros devem adotar procedimentos de versionamento, preservação das séries históricas, padronização das unidades, preenchimento obrigatório de campos essenciais e identificação clara das atualizações realizadas.

Os cadastros autodeclaratórios devem ser acompanhados por mecanismos de auditoria amostral, cruzamento de dados, sensoriamento remoto, monitoramento de campo e verificação de situações com maior risco hídrico. A simplificação administrativa deve ser preservada, mas associada a instrumentos capazes de assegurar confiabilidade e rastreabilidade.

Quanto aos projetos de PSA, recomenda-se a criação de políticas mais perenes, com fontes estáveis de financiamento, assistência técnica e critérios transparentes de seleção. A definição das áreas prioritárias deve considerar análises geoespaciais e multicritério, integrando fatores como erosão, recarga, proximidade de mananciais, cobertura vegetal, qualidade da água, vulnerabilidade social e relevância para o abastecimento.

A participação dos pequenos produtores deve ser fortalecida por meio de procedimentos simplificados, apoio para elaboração dos projetos, fornecimento de insumos, manutenção das intervenções e acompanhamento técnico. A mobilização social e a educação ambiental devem ser incorporadas desde o planejamento, e não apenas durante a execução.

Também se recomenda a implantação de sistema regional de informações sobre PSA, contendo localização das áreas, valores investidos, intervenções realizadas, indicadores de

execução, pagamentos, participação social e resultados ambientais. Esse banco de dados permitiria avaliar a adicionalidade, a efetividade e a permanência das ações.

O ICSA deve ser atualizado em ciclos periódicos, utilizando dados com anos de referência claramente identificados. A cada aplicação, recomenda-se revisar a disponibilidade e a qualidade das fontes, documentar alterações metodológicas e preservar a comparabilidade temporal.

Pesquisas futuras poderão incorporar novos subindicadores, desde que existam dados confiáveis e comparáveis. Entre as possibilidades encontram-se medidas de disponibilidade e qualidade da água, perdas no abastecimento, vulnerabilidade a secas, recuperação de áreas prioritárias, efetividade dos planos municipais e participação social nos processos decisórios.

Recomenda-se aprofundar a análise de sensibilidade do ICSA, testando diferentes sistemas de ponderação, formas de agregação e critérios de normalização. Esses testes permitirão verificar a estabilidade dos resultados e identificar os componentes que exercem maior influência sobre a classificação final. Aplicações futuras poderão incorporar procedimentos participativos de ponderação, com consulta a especialistas, gestores, representantes dos comitês de bacia, municípios e demais atores da governança hídrica. A comparação entre diferentes cenários de ponderação permitirá avaliar a sensibilidade dos escores e das classificações e contribuir para a calibração institucional do modelo.

A aplicação longitudinal do ICSA, mediante seu recálculo periódico para os mesmos municípios e com manutenção de critérios metodológicos comparáveis, permitirá analisar a evolução do desempenho hídrico-ambiental ao longo do tempo e diferenciar mudanças estruturais de variações decorrentes exclusivamente da atualização das bases de dados. Esse acompanhamento temporal também possibilitará verificar se investimentos públicos e ações de gestão estão associados à melhoria das dimensões avaliadas.

Quanto ao Selo Carranca, a etapa seguinte deverá consistir na realização de projeto-piloto. Esse processo deve envolver consulta aos municípios, ao CBH SF1, ao IGAM, às instituições acadêmicas, aos usuários de recursos hídricos e à sociedade civil. A aplicação experimental permitirá avaliar a clareza dos critérios, a disponibilidade das evidências, os custos de auditoria e a adequação das faixas de certificação.

Antes da concessão oficial, será necessária a formalização do arranjo de governança, com definição das competências do órgão normativo, do órgão certificador e da instância recursal. Também deverão ser estabelecidos procedimentos de inscrição, avaliação, auditoria, decisão, publicidade, recurso, validade, revalidação, suspensão e cancelamento.

O manual do selo deverá regulamentar o uso da identidade visual, o código de rastreabilidade, o período de validade, os materiais autorizados e as situações de uso indevido. A comunicação pública deve apresentar não apenas o nível alcançado, mas também o ciclo de avaliação, a base de dados utilizada e a validade da certificação.

Nas fases iniciais de implantação, recomenda-se que o Selo Carranca possua caráter predominantemente agregador, educativo e indutor, reconhecendo avanços e indicando trajetórias de melhoria, em vez de operar prioritariamente como instrumento de exclusão ou penalização. Nesse sentido, os municípios classificados nos níveis Inicial e Básico deverão receber diagnóstico técnico e orientação para elaboração de planos de melhoria, de modo que o sistema não se limite ao reconhecimento dos melhores desempenhos, mas contribua também para a evolução dos municípios com maiores fragilidades.

A replicação para outras unidades hidrográficas deverá ocorrer somente após a avaliação do projeto-piloto. Cada território deverá adaptar os indicadores e critérios às suas características, preservando os princípios de multidimensionalidade, transparência, comparabilidade, verificação e melhoria contínua.

Recomenda-se aprofundar a dimensão geoespacial do ICSA e do Selo Carranca, incorporando análises de proximidade, vizinhança, acessibilidade e agrupamento territorial. A aplicação do modelo em outras sub-bacias e unidades hidrográficas permitirá testar sua replicabilidade, transferibilidade e necessidade de calibração em diferentes contextos.

A eventual certificação de empreendimentos e usuários de recursos hídricos deverá ser objeto de estudo específico complementar. Para fins dessa possível modalidade, a expressão “usuários de recursos hídricos” compreende usuários individualmente considerados, pessoas físicas ou jurídicas, bem como empreendimentos públicos ou privados que realizem usos dos recursos hídricos, não se restringindo a grupos ou entidades representativas de usuários. Essa modalidade exigirá indicadores próprios relacionados à regularidade hídrica, eficiência no uso da água, redução de perdas, reúso, tratamento de efluentes, gestão de resíduos, monitoramento, transparência e contribuição para a conservação da bacia.

Pesquisas futuras também deverão avaliar os efeitos institucionais do Selo Carranca. Entre as questões relevantes encontram-se sua capacidade de influenciar a alocação de recursos, aumentar a transparência, estimular a cooperação entre municípios, ampliar a participação social e produzir melhorias mensuráveis no desempenho hídrico-ambiental.

Conclui-se que a sustentabilidade hídrico-ambiental da UPGRH SF1 depende da articulação entre informação confiável, regularização dos usos, conservação, saneamento, capacidade institucional, monitoramento e mobilização social. O ICSA oferece instrumento

para organizar e interpretar essas dimensões, enquanto o Selo Carranca propõe transformar o diagnóstico em mecanismo de reconhecimento e indução.

A tese não encerra o processo de construção desses instrumentos. Ao contrário, estabelece base metodológica e institucional para ciclos futuros de aplicação, avaliação e aperfeiçoamento. A consolidação do modelo dependerá da participação dos atores da bacia, da atualização das informações e da capacidade de converter conhecimento técnico em decisões públicas voltadas à proteção das águas e ao desenvolvimento sustentável do território.

Em síntese, a pesquisa demonstrou que a avaliação da sustentabilidade hídrico-ambiental municipal requer abordagem integrada, capaz de articular regularização dos usos da água, conservação ambiental, saneamento, capacidade institucional, informação, monitoramento e participação social. A aplicação do ICSA permitiu identificar, comparar e espacializar as assimetrias existentes entre os municípios da UPGRH SF1, confirmando a utilidade de uma métrica multidimensional para o diagnóstico territorial e para a orientação de prioridades de gestão. A proposição do Selo Carranca, por sua vez, ampliou a aplicação institucional do índice ao estruturar um sistema de reconhecimento baseado em critérios técnicos, confiabilidade informacional e níveis progressivos de desempenho. Embora os efeitos da certificação ainda dependam de implantação e avaliação longitudinal periódica, a integração entre diagnóstico, mensuração e certificação estabelece uma base metodológica para o fortalecimento da governança hídrico-ambiental e para a indução de processos de melhoria contínua nos municípios da UPGRH SF1.

REFERÊNCIAS

- ALLIANCE FOR WATER STEWARDSHIP. **International Water Stewardship Standard: version 2.0**. Scotland: AWS, 2019. Disponível em: https://a4ws.org/wp-content/uploads/2019/03/AWS_Standard_2.0_2019_Final.pdf. Acesso em: 6 ago. 2026.
- AQUINO, J. N. de *et al.* Zoneamento do potencial de uso conservacionista na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos – RS. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 292-302, 2020. DOI: 10.11137/2020_3_292_302. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/38571/21127>. Acesso em: 6 ago. 2026.
- ASHRAFI, S. *et al.* Evaluating and improving the sustainability of ecosystem services in river basins under climate change. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 806, art. 150702, part 3, Feb. 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150702. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721057806?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.
- BORGES, M. de S. *et al.* Conflitos e contradições na governança da Bacia do Rio Formoso – Tocantins – Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 19, n. 3, p. 122-146, set./dez. 2023. DOI: 10.54399/rbgdr.v19i3.6607. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/6607/1334>. Acesso em: 6 ago. 2026.
- BORREGO-MARÍN, M. M.; EXPÓSITO, A.; BERBEL, J. A simplified hydro-economic model of Guadalquivir River Basin for analysis of water-pricing scenarios. **Water**, Basel, v. 12, n. 7, art. 1879, 2020. DOI: 10.3390/w12071879. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342633691_A_Simplified_Hydro-Economic_Model_of_Guadalquivir_River_Basin_for_Analysis_of_Water-Pricing_Scenarios. Acesso em: 6 ago. 2026.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 6 ago. 2026.
- BROWNSON, K.; FOWLER, L. Evaluating how we evaluate success: monitoring, evaluation and adaptive management in Payments for Watershed Services programs. **Land use Policy**, Guildford, v. 94, art. 104505, May 2020. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104505. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718309931?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.
- CAMBRAIA NETO, A. J.; RODRIGUES, L. N. Evaluation of groundwater recharge estimation methods in a watershed in the Brazilian Savannah. **Environmental Earth Sciences**, Heidelberg, v. 79, n. 6, p. 140, Mar. 2020. DOI: 10.1007/s12665-020-8884-x. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339773428_Evaluation_of_groundwater_recharge_estimation_methods_in_a_watershed_in_the_Brazilian_Savannah. Acesso em: 6 ago. 2026.

CAMPOS, V. N. de O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 365-382, jul./dez. 2010. DOI: 10.1590/S1414-753X2010000200010. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/asoc/a/CSQMWFyvcv8MJV4vkMV6dBm/?format=pdf&lang=pt&ilang=pt_BR. Acesso em: 6 ago. 2026.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) e do enquadramento dos corpos de água para a bacia hidrográfica dos afluentes do Alto São Francisco: R2 - Relatório de Diagnóstico**. Belo Horizonte: CBHSF, 2021. Disponível em: https://pdrhsf1.com.br/wp-content/uploads/2021/08/PDRH-SF1_R2_V2.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

COSTA, D. de A. *et al.* From monitoring and modeling to management: how to improve water quality in Brazilian rivers? A case study: Piabanha River watershed. **Water**, Basel, v. 13, n. 2, p. 176, 2021a. DOI: 10.3390/w13020176. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/2/176>. Acesso em: 6 ago. 2026.

COSTA, R. C. A. *et al.* Land capability of multiple-landform watersheds with environmental land use conflicts. **Land use Policy**, Guildford, v. 81, p. 689-704, Feb. 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.11.041. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718309670?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

COSTA, V. A. F. *et al.* Assessing the propagation from meteorological to hydrological drought in the São Francisco River Catchment with standardized indexes: exploratory analysis, influential factors, and forecasting strategies. **Journal of Water Resources Planning and Management**, [Reston], v. 147, n. 11, art. 05021020, 2021b. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001464.

COTLER, H. *et al.* Environmental governance in urban watersheds: the role of civil society organizations in Mexico. **Sustainability**, Delhi, v. 14, n. 2, p. 988, 2022. DOI: 10.3390/su14020988. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/988>. Acesso em: 6 ago. 2026.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na Bacia Hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, set./out. 2015. DOI: 10.1590/0034-7612137792. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/ZnKRMVWzxDTxKvXHXVfZcrk/?format=pdf&lang=pt&ilang=en>. Acesso em: 6 ago. 2026.

ESPÍNDOLA, I. B.; SILVA, L. P. B. da. Data-sharing and decision support system to improve governance in transboundary waters in the La Plata River basin. **Water International**, Abingdon, v. 48, n. 8, p. 1000-1013, 2023. DOI: 10.1080/02508060.2023.2295663. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508060.2023.2295663?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 6 ago. 2026.

FRAGA, M. de S. *et al.* Methodological proposal for the allocation of water quality monitoring stations using strategic decision analysis. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 191, n. 12, art. 776, 2019. DOI: 10.1007/s10661-019-7974-2. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/252990/418552>. Acesso em: 6 ago. 2026.

FRAGA, M. de S. *et al.* Temporal and spatial trend analysis of surface water quality in the Doce River Basin, Minas Gerais, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [Dordrecht], v. 23, n. 8, p. 12124-12150, Jan. 2021. DOI: 10.1007/s10668-020-01160-8.

GALINARO, C. A. *et al.* Environmental risk assessment of parabens in surface water from a Brazilian river: the case of Mogi Guaçu Basin, São Paulo State, under precipitation anomalies. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 29, n. 6, p. 8816-8830, 2022. DOI: 10.1007/s11356-021-16315-x.

GANN, G. D. *et al.* International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**, Malden, v. 27, nesp. 1, p. S1-S46, Sept. 2019. DOI: 10.1111/rec.13035. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.13035>. Acesso em: 6 ago. 2026.

GERLAK, A. K.; KARAMBELKAR, S.; FERGUSON, D. B. Knowledge governance and learning: examining challenges and opportunities in the Colorado River Basin. **Environmental Science & Policy**, Exeter, v. 125, p. 219-230, 2021. DOI: 10.1016/j.envsci.2021.08.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S146290112100246X?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14020:2022 - Environmental Statements and Programmes for Products: principles and general requirements**. 3rd ed. Geneva: ISO, 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 17021-1:2015 - Conformity Assessment: requirements for bodies providing audit and certification of management systems — Part 1: requirements**. Geneva: ISO, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **ISO/IEC 17065:2012 - Conformity Assessment: requirements for bodies certifying products, processes and services**. Geneva: ISO, 2012.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 353-360, jul./set. 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000106299. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/hZzX3fGNw9qqS8LbrG8nv7f/?format=pdf&lang=pt&ilang=pt_BR. Acesso em: 6 ago. 2026.

LEE, T.; OUARDA, T. B. M. J. Trends, shifting, or oscillations? Stochastic modeling of nonstationary time series for future water-related risk management. **Earth's Future**, Hoboken, v. 11, n. 7, e2022EF003049, July 2023. DOI: 10.1029/2022EF003049. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2022EF003049>. Acesso em: 6 ago. 2026.

LIM, C. H. *et al.* A review of stakeholder engagement in integrated river basin management. **Water**, Basel, v. 14, n. 19, p. 2973, 2022. DOI: 10.3390/w14192973. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/19/2973>. Acesso em: 6 ago. 2026.

LOPES, T. R. *et al.* Economic value of environmental services regulating flow and maintaining water quality in the Piracicaba River Basin, Brazil. **Journal of Water Resources Planning and Management**, [s. l.], v. 149, n. 9, p. 1-13, July 2023. DOI: 10.1061/JWRMD5.WRENG-5771. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/5eab0840-e288-44ff-a683-5fbf31838341/3159073-Economic%20Value%20of%20Environmental%20ServicesRegulating%20Flow%20and%20Maintaining%20Water%20Qualityin%20the%20Piracicaba%20River%20Basin%2C%20Brazil.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2026.

MAJESKI, J. C. L.; TRINDADE, L. L. Lacunas de governança da água nas bacias hidrográficas da Vertente Atlântica do Estado de Santa Catarina. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 1-11, 2023. DOI: 10.1590/S1413-415220220231. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372796411_Lacunas_de_governanca_da_agua_nas_bacias_hidrograficas_da_Vertente_Atlantica_do_Estado_de_Santa_Catarina. Acesso em: 6 ago. 2026.

MARTINS, R. C. Land and water in rural São Paulo: case study of environmental inequalities in Brazil. **Agrarian South: the journal of political economy**, [Chicago], v. 12, n. 1, p. 98-118, Mar. 2023. DOI: 10.1177/22779760221145241.

MENEZES, F. . *et al.* Estimating efficient water prices in the São Marcos River Basin: a residual imputation approach. **Journal of Water Resources Planning and Management**, [Reston], v. 148, n. 5, p. 1-8, Feb. 2022. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001538.

MOURA, M. S. de *et al.* Beyond land use planning and ecosystem services assessment with the conservation use potential framework: a study in the Upper Rio das Velhas Basin, Brazil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 923, p. 1-16, May 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171437. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972401578X>. Acesso em: 6 ago. 2026.

NARDO, M. *et al.* **Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide**. Paris: OECD Publishing, 2005. DOI: 10.1787/533411815016. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2005/08/handbook-on-constructing-composite-indicators_g17a16e3/533411815016.pdf. Acesso em: 6 ago. 2026.

NELSON, D. R. *et al.* Challenges to realizing the potential of nature-based solutions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [Maryland Heights, MO], v. 45, p. 49-55, Aug. 2020. DOI: 10.1016/j.cosust.2020.09.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343520300750?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

NICOLLIER, V.; BERNARDES, M. E. C.; KIPERSTOK, A. What governance failures reveal about water resources management in a municipality of Brazil. **Sustainability**, Basel, v. 14, n. 4, art. 2144, Feb. 2022. DOI: 10.3390/su14042144. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/4/2144>. Acesso em: 6 ago. 2026.

NIEMEYER, J.; VALE, M. M. Obstacles and opportunities for implementing a policy-mix for ecosystem-based adaptation to climate change in Brazil's Caatinga. **Land use Policy**, Guildford, v. 122, art. 106385, Nov. 2022. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106385. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837722004124?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

OPENAI. **ChatGPT**: serviço de inteligência artificial generativa. Califórnia, 2026. Disponível em: <https://chatgpt.com/>. Acesso em: 15 ago. 2026.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Handbook on constructing composite indicators**: methodology and user guide. Paris: OECD Publishing, 2008. DOI: 10.1787/9789264043466-en. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2008/08/handbook-on-constructing-composite-indicators-methodology-and-user-guide_g1gh9301/9789264043466-en.pdf. Acesso em: 6 ago. 2026.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD principles on water governance**. Paris: OECD, 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/OECD-Principles-on-Water-Governance-en.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2026.

PAUL, D.; THOMPSON, B. S.; FARRELLY, M. Placing civil society in water security governance: challenges and opportunities for engagement. **Journal of Environmental Policy & Planning**, [London], v. 26, n. 3, p. 233-248, 2024. DOI: 10.1080/1523908X.2024.2328063. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1523908X.2024.2328063#d1e400>. Acesso em: 6 ago. 2026.

PUSŁOWSKA-TYSZEWSKA, D. Water management balance as a tool for analysis of a river basin with conflicting environmental and navigational water demands: an example of the Warta Mouth National Park, Poland. **Water**, Basel, v. 13, n. 24, p. 3628, 2021. DOI: 10.3390/w13243628. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/24/3628>. Acesso em: 6 ago. 2026.

ROSA, L. A. da S.; MORAIS, M.; SAITO, C. H. Water security and river basin revitalization of the São Francisco River Basin: a symbiotic relationship. **Water**, Basel, v. 13, n. 7, p. 907, 2021. DOI: 10.3390/w13070907. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/7/907>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SANTOS, F. A. dos; BORGES, L. A. C. Índice Composto de Sustentabilidade Ambiental Hídrica (ICSA): avaliação do desempenho municipal na UPGRH SF1. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 20, n. 5, p. 1-18, 2026a. DOI: 10.24857/rgsa.v20n5-013. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/14440/8430>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SANTOS, F. A. dos; BORGES, L. A. C. Selo Carranca de Sustentabilidade Hídrico-Ambiental: proposta de certificação do desempenho municipal baseada no ICSA da UPGRH SF1. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 20, n. 8, p. 1-20, 2026b. DOI: 10.24857/rgsa.v20n8-006. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/14590/8504>. Acesso em: 12 ago. 2026.

SANTOS, F. A. dos; BORGES, L. A. C.; SILVA, D. H. C. Análise dos dados de outorga e cadastros da Bacia Hidrográfica dos Afluentes do Alto São Francisco – SF1, contidos na IDE-Sisema. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 1, p. 1-17, 2025a. DOI: 10.24857/rgsa.v19n1-067. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/10856/56907>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SANTOS, F. A. dos; BORGES, L. A. C.; SILVA, D. H. C. PSA e restauração de áreas degradadas: desafios e perspectivas para pequenos produtores rurais na Bacia Hidrográfica SF1. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v. 19, n. 1, p. 1-18, 2025b. DOI: 10.24857/rgsa.v19n1-170. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/11099/58680>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SCHRAMM, V. B.; GOMES JÚNIOR, A. A.; SCHRAMM, F. Facilitation model for supporting integrative water resource management. **Water Resources Management**, New York, v. 36, n. 13, p. 4913-4931, Aug. 2022. DOI: 10.1007/s11269-022-03282-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-022-03282-2>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SEHRING, J.; TER HORST, R.; SAID, A. Water diplomacy: a man's world? Insights from the Nile, Rhine and Chu-Talas basins. **Journal of Hydrology X**, [Amsterdam], v. 20, p. 1-10, Aug. 2023. DOI: 10.1016/j.hydroa.2023.100152. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589915523000056?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SIEGMUND-SCHULTZE, M. *et al.* Paternalism or participatory governance? Efforts and obstacles in implementing the Brazilian water policy in a large watershed. **Land use Policy**, Guildford, v. 48, p. 120-130, Nov. 2015. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.05.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837715001647?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SILVA, J. da *et al.* Water sustainability assessment from the perspective of sustainable development capitals: conceptual model and index based on literature review. **Journal of Environmental Management**, London, v. 254, art. 109750, Jan. 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109750. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479719314689?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SILVA, W. D. O.; MORAIS, D. C.; URTIGA, M. M. An integrative negotiation model to deal with conflicts toward water resources management: a case study in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [Dordrecht], v. 24, n. 8, p. 10443-10469, 2022. DOI: 10.1007/s10668-021-01866-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01866-3>. Acesso em: 6 ago. 2026.

SIQUEIRA, P. C. *et al.* Aplicação do Modelo Hidrológico MGB-IPH para simulação de cenários de uso do solo na Bacia do Rio Sapucaí, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 5, p. 2414-2429, Nov. 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v15.5.p2414-2429. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2414-2429>. Acesso em: 6 ago. 2026.

TRIMBLE, M. *et al.* How do basin committees deal with water crises? Reflections for adaptive water governance from South America. **Ecology and Society**, Tempe, v. 27, n. 2, p. 1-14, 2022. DOI: 10.5751/ES-13356-270242. Disponível em: <https://ecologyandsociety.org/vol27/iss2/art42/>. Acesso em: 6 ago. 2026.

VARADY, R. G. *et al.* Adaptive management and water security in a global context: definitions, concepts, and examples. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [Maryland Heights, MO], v. 21, p. 70-77, Aug. 2016. DOI: 10.1016/j.cosust.2016.11.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343516300719?via%3Dihub>. Acesso em: 6 ago. 2026.

VEIGA, D. P. B. da; GUANDIQUE, M. E. G.; NARDOCCI, A. C. Land use and water quality in watersheds in the State of São Paulo, based on GIS and SWAT data. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 14, n. 5, p. 1-145, 2019. DOI: 10.4136/ambi-agua.2325. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/QjkZD9gbFNQNRmCsQ8Qgfgg/?format=pdf&lang=en&ilang=en>. Acesso em: 6 ago. 2026.

WUNDER, S. **Payments for environmental services: some nuts and bolts**. Bogor: Center for International Forestry Research, 2005. (CIFOR Occasional Paper, n. 42). DOI: 10.17528/CIFOR/001760. Disponível em: https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf. Acesso em: 6 ago. 2026.