

# Metodologia Aplicada a Estudos Socioambientais em Reservas Estratégicas de Hidrocarbonetos Não Convencionais nas Regiões dos Rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco

Vinícius Gonçalves Ferreira  
Jussara da Silva Diniz Lima  
Gustavo Filemon Costa Lima  
Joyce Castro de Menezes Duarte



**Atena**  
Editora  
Ano 2021



**Rede Gasbrás**  
SEÇÃO MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO  
CIENTÍFICA



DEGEO | EM  
DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA



CO EXECUTORES



CDT  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO  
DA TECNOLOGIA NUCLEAR

GRUPO  
COORDENADOR



recursos minerais  
biodiversidade

UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

# Metodologia Aplicada a Estudos Socioambientais em Reservas Estratégicas de Hidrocarbonetos Não Convencionais nas Regiões dos Rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco



Vinícius Gonçalves Ferreira  
Jussara da Silva Diniz Lima  
Gustavo Filemon Costa Lima  
Joyce Castro de Menezes Duarte

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



**Rede Gasbrás**  
SEÇÃO MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO  
CIENTÍFICA



**DEGE | EM**  
DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA



CO EXECUTORES



**CDTN**  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO  
EM TECNOLOGIA NUCLEAR

GRUPO  
COORDENADOR



**acqua** recursos minerais  
biodiversidade

**UFMG**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Coordenação**

M.Sc. Renato Ribeiro Ciminelli (Gestor - GASBRAS-MG)  
Ph.D. Virgínia Sampaio Teixeira Ciminelli (Pesquisadora Ambiental - UFMG)

#### **Revisão**

Ph.D. Rubens Martins Moreira (Pesquisador Ambiental Emérito – CDTN)  
Ph.D. Carlos Alberto de Carvalho Filho (Geólogo – CDTN)

#### **Equipe GASBRAS seção MG**

Universidade Federal de Minas Gerais – INCT/ACQUA–Recursos Minerais e Biodiversidade  
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)  
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

**Metodologia aplicada a estudos socioambientais em reservas estratégicas de hidrocarbonetos não convencionais nas regiões dos rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco**

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os autores  
**Autores:** Vinícius Gonçalves Ferreira  
Jussara da Silva Diniz Lima  
Gustavo Filemon Costa Lima  
Joyce Castro de Menezes Duarte

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

M593 Metodologia aplicada a estudos socioambientais em reservas estratégicas de hidrocarbonetos não convencionais nas regiões dos rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco / Vinícius Gonçalves Ferreira, Jussara da Silva Diniz Lima, Gustavo Filemon Costa Lima, et al. - PR: Atena, 2021.

Outra autora  
Joyce Castro de Menezes Duarte

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-270-5  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.705210207>

1. Educação ambiental - Metodologia. 2. Metodologia ambiental. 3. Avaliação ambiental. 4. Monitoramento e estudos socioambientais. 5. Hidrocarbonetos não convencionais. I. Ferreira, Vinícius Gonçalves. II. Lima, Jussara da Silva Diniz. III. Lima, Gustavo Filemon Costa. IV. Título.

CDD 363.7

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

Os cadernos temáticos são umas das principais entregas do Projeto GASBRAS Seção Minas Gerais. O Projeto é uma rede P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) de gás não convencional no Brasil, constituída por instituições federais, estaduais e não governamentais de todo país, como a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IG-UFRGS) e Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) amparado financeiramente pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

O intuito da série de Cadernos Temáticos é disponibilizar ao meio acadêmico e a sociedade, estudos relevantes sobre o gás não convencional no Brasil. Cada caderno abordará os principais conceitos e informações do contexto ambiental e socioeconômico no desenvolvimento da indústria do gás não convencional nas bacias sedimentares brasileiras direcionadas ao tema específico.

Dentro do projeto, o núcleo GASBRAS Seção Minas Gerais, formou-se com o foco em estudos sobre avaliação ambiental, regulação e mercado, articulação socioambiental e comunicação, correlata ao gás não convencional no Brasil. A equipe GASBRAS Seção Minas Gerais é composta pela UFMG, pelo CDTN e pela Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental (AIIEGA) de São Paulo. Como instituições parceiras a equipe conta com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e a Universidad Nacional del Comahue (UNCo – Argentina). Os coexecutores dessa equipe definiram uma área de investigação e monitoramento dentro do contexto da Bacia do São Francisco em Minas Gerais.

Os Cadernos Temáticos conciliam informações técnicas com uma abordagem didática e ilustrativa para tratar assuntos relevantes no contexto da pesquisa, difundindo o conhecimento perante a comunidade acadêmica e a sociedade leiga. O principal intuito destes cadernos é estimular a participação das comunidades no debate sobre a exploração de hidrocarbonetos não convencionais no Brasil.

Os Cadernos Temáticos, portanto, trazem diversas ramificações dentro de toda a pesquisa desenvolvida no Projeto GASBRAS Seção MG. Alunos, professores e pesquisadores, junto com universidades e institutos de pesquisas, transferem todo o conhecimento adquirido ao longo de anos, em páginas de textos ilustrados, a fim de gerar o interesse e o envolvimento do público alvo no mundo ambiental, geológico e químico em sistemas não convencionais para geração de energia.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1I INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2I OBJETIVO .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>3I HIDROCARBONETOS NÃO CONVENCIONAIS .....</b>  | <b>3</b>  |
| 3.1 No Mundo.....  | 3         |
| 3.2 No Brasil.....   | 4         |
| <b>4I ESCOLHA DA BACIA GEOLÓGICA COM POTENCIAL EM HIDROCARBONETOS NÃO CONVENCIONAIS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....</b> | <b>6</b>  |
| 4.1 Bacia do São Francisco .....   | 6         |
| 4.2 Área de Investigação .....   | 6         |
| <b>5I PREPARAÇÃO E ETAPAS DE CAMPO DE MONITORAMENTO.....</b>   | <b>8</b>  |
| 5.1 Passos para definição e implantação da Rede de Monitoramento .....   | 8         |
| 5.1.1 Inventário dos pontos de água e levantamento de dados bibliográficos .....   | 8         |
| 5.1.2 Campo de Reconhecimento .....  | 8         |
| 5.2.3 Novos Cadastros para Rede de Monitoramento e seus Critérios.....   | 9         |
| 5.2.4 Plano de Ação Ambiental e Social em Área Piloto .....  | 11        |
| 5.1.5 Campo para Novos Cadastros Ambientais em Área Piloto.....  | 21        |
| 5.1.6 Pontos e Parâmetros Ambientais na Rede de Monitoramento Área Piloto .....  | 27        |
| 5.2 Monitoramento .....  | 31        |
| 5.2.1 Campanha de Monitoramento Área Piloto.....   | 31        |
| 5.2.2 Expansão da Rede de Monitoramento .....  | 37        |
| 5.2.3 Malha Final de Rede de Monitoramento Recursos Hídricos, Sedimentos e Gases....                                       | 38        |
| <b>6I CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>SOBRE OS AUTORES .....</b>  | <b>43</b> |

# 11 INTRODUÇÃO

A Equipe Gasbras Seção Minas Gerais envolveu-se nos temas relacionados ao desenvolvimento de técnicas para preservação ambiental e aos aspectos socioeconômicos, onde escolheram a bacia sedimentar geológica do São Francisco para implementação metodológica de avaliação ambiental em uma área potencial para exploração e exploração do gás não convencional. Entretanto, visando uma otimização quanto aos estudos nesta grande bacia, definiu-se uma área de investigação que fosse representativa quanto ao tema de gás não convencional. O estabelecimento desta área fundamentou-se em ponderações relativas aos processos geológicos e ambientais do gás não convencional. O critério para estabelecimentos da área foi por meio de escolhas de bacias hidrográficas em regiões que tiveram inícios de pesquisa exploratória de gás não convencional. As bacias definidas para o estudo compreenderam as dos rios Indaiá e Borrachudo. Rios estes afluentes da bacia hidrográfica do São Francisco e sobrepostos, em partes, às reservas de hidrocarbonetos da bacia sedimentar homônima.

Neste caderno é apresentado o conceito do gás não convencional e a sua contextualização no cenário brasileiro e faz com que o leitor tenha um entendimento metodológico de pesquisa sobre o tema em uma Reserva Estratégica de Hidrocarbonetos. O caderno expõe as metodologias de campo e seus respectivos processos no âmbito do projeto GASBRAS. Por fim, o caderno faz um breve relato sobre as perspectivas das aplicações de campo utilizadas na bacia do São Francisco e que podem ser projetados em outras bacias sedimentares.

## 2I OBJETIVO

A pesquisa sobre avaliações pré-operacionais sobre impactos ambientais associados a Hidrocarbonetos não Convencionais, coordenada pela equipe GASBRAS Seção Minas Gerais, procurou realizar estudos socioambientais em regiões brasileiras com potencial para pesquisa e produção de gás não convencional. Para tanto, ela buscou desempenhar critérios para escolha da bacia geológica de investigação regional, além de uma área de investigação/monitoramento sub-regional. Durante essas etapas a equipe realizou atividades metodológicas inéditas no Brasil, através de levantamentos de dados bibliográficos, elaboração de planos táticos executivos e de preparações pré-campo e realizações de monitoramento em campo. Diante disso, este caderno temático tem por objetivo projetar ao leitor as metodologias desempenhadas pela equipe sobre os critérios usados, sobre o pré-campo de monitoramento, os parâmetros abordados na avaliação socioambiental e as etapas de monitoramento. Conforme mencionado no capítulo anterior, a área de investigação escolhida pela equipe GASBRAS Seção Minas Gerais na bacia Geológica do São Francisco refere-se as bacias hidrográficas dos rios Indaiá e Borrachudo, regiões estas consideradas como potenciais reservas estratégicas de hidrocarbonetos não convencionais.

## 3I HIDROCARBONETOS NÃO CONVENCIONAIS

As acumulações convencionais de hidrocarbonetos como folhelhos ou outro litotipo rico em matéria orgânica, constituem a rocha-fonte do óleo/gás, gerados após passar por soterramento, processos de pressão e temperaturas apropriados (FOSTER 2015). Ao longo dos milhões de anos (tempo geológico) esses hidrocarbonetos migram da rocha geradora e se acumulam em reservatórios porosos (normalmente arenitos ou carbonatos) em armadilhas discretas e/ou em altos estruturais nas margens dos centros da bacia. Já no caso de acumulações de hidrocarbonetos não convencionais e neste caso o trabalho é focado no gás (*Shale Gas* e *Tight Sand Gas*), a rocha geradora atua como fonte e reservatório, extensos em magnitude e volumes pela bacia e se tornando alvos de exploração mesmo que tenham o fator negativo que é a baixa permeabilidade (Figura 01). Este fato é que desponta a necessidade de avanços tecnológicos para a geração de estímulos na rocha em grandes profundidades no intuito de aumentar a permeabilidade ao redor do poço de produção de hidrocarbonetos. Na Figura 01 ilustra um esquema a extração do gás convencional versus o não convencional.

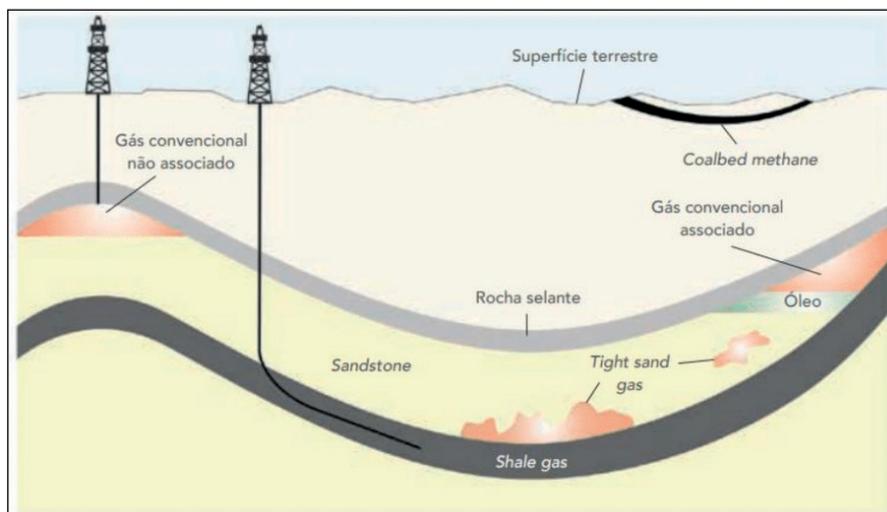


Figura 01 - Desenho esquemático da produção de gás natural convencional e não-convencional (BC OIL & GAS COMMISSION 2010).

### 3.1 No Mundo

A exploração de gás não convencional tem crescido muito desde o final do século XX. As projeções econômicas propostas pela U.S Energy Information Administration (2017) preveem um aumento de 43% no consumo global de gás natural nos próximos vinte e cinco anos. Estima-se que a reserva global de hidrocarbonetos não convencionais está na ordem de 716 milhões de metros cúbicos bem distribuídos ao longo dos continentes (Figura 02). Os Estados Unidos detêm as maiores jazidas rentáveis (BOYER et al. 2011; VENGOSH et al. 2014), enquanto países como Brasil, Canadá, China, dentre outros, possuem reservas expressivas, classificando-os como potenciais *players* (SANTOS; MATAI 2010).

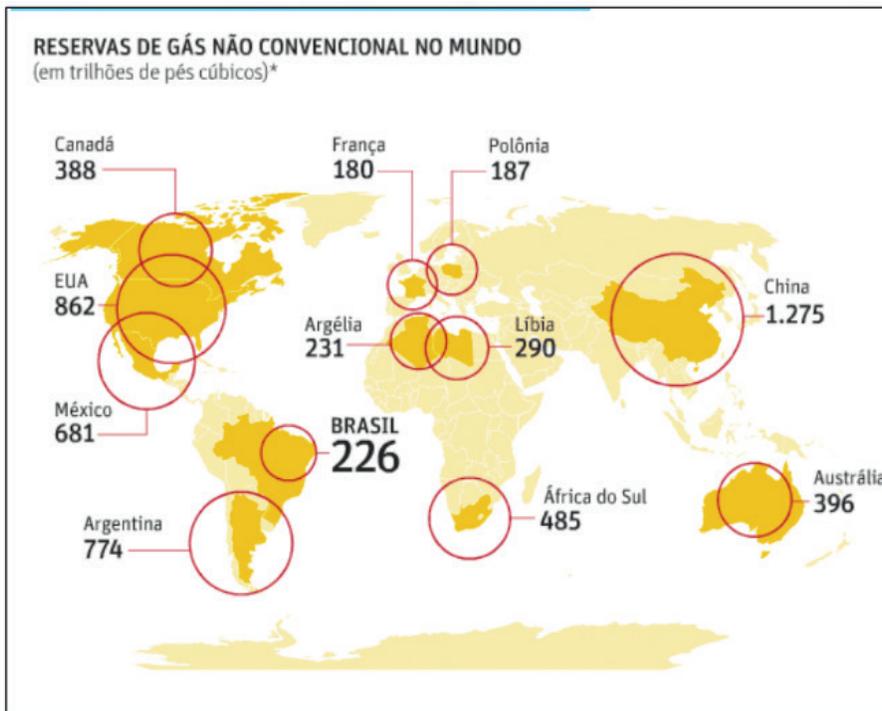


Figura 02 - Modificada pelos autores. Reserva de Gás Não convencional no Mundo.

Fonte: CBTIE (Centro Brasileiro de Infraestrutura) AIE (Agência Internacional de Energia) / ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (COSTA 2013).

O método utilizado para o desenvolvimento de recursos petrolíferos não convencionais pode ser descrito, sucintamente, como a perfuração das rochas geradoras e rochas reservatórios de baixíssima permeabilidade, por intermédio de poços de longo trecho horizontal, associado à realização de fraturamentos hidráulicos múltiplos com espaçamentos projetados (CTMA/PROMINP 2016). Durante esse processo, ocorre a injeção de fluidos específicos (*fracking fluids*) sob alta pressão para induzir a formação de fraturas aumentando assim a permeabilidade e permitindo a migração dos hidrocarbonetos pelo poço de exploração. Em sequência, o fluido injetado é bombeado de volta pelo furo do poço, o chamado *flowback fluid*, que consiste em água turva, muito salgada e que contém argila, fragmentos de rochas, metais e produtos químicos propositalmente injetados para melhorar o desempenho do processo. O fluido resultante é armazenado em reservatórios superficiais onde será tratado para futura reutilização ou reinjetado em poços de descarte (HIRATA 2014, JACKSON et al. 2013; JOHNSON; JOHNSON 2012).

### 3.2 No Brasil

No Brasil o potencial de produção de gás não convencional está na ordem de 4,4 trilhões de m<sup>3</sup>. As principais reservas catalogadas são: a bacia do São Francisco, Parecis, Acre, São Luís, Parnaíba, Araripe, Recôncavo, Paraná e Tacutu (CTMA/ PROMINP 2016) (Figura 03). No entanto, não há registros de exploração do não convencional, fato que justifica

a relevância de pesquisas mais aplicadas concernentes a esse tema; afinal, os estudos técnicos são pautas cruciais para a viabilização operacional e legal do empreendimento. Apesar do crescimento evidente dos hidrocarbonetos não convencionais, não se pode olvidar que essa modalidade de extração gera passivos ambientais ainda difíceis de mensurar, principalmente por se tratar de uma técnica pouco explorada nacionalmente, tornando assim imprescindível o seu estudo científico (HIRATA 2014).

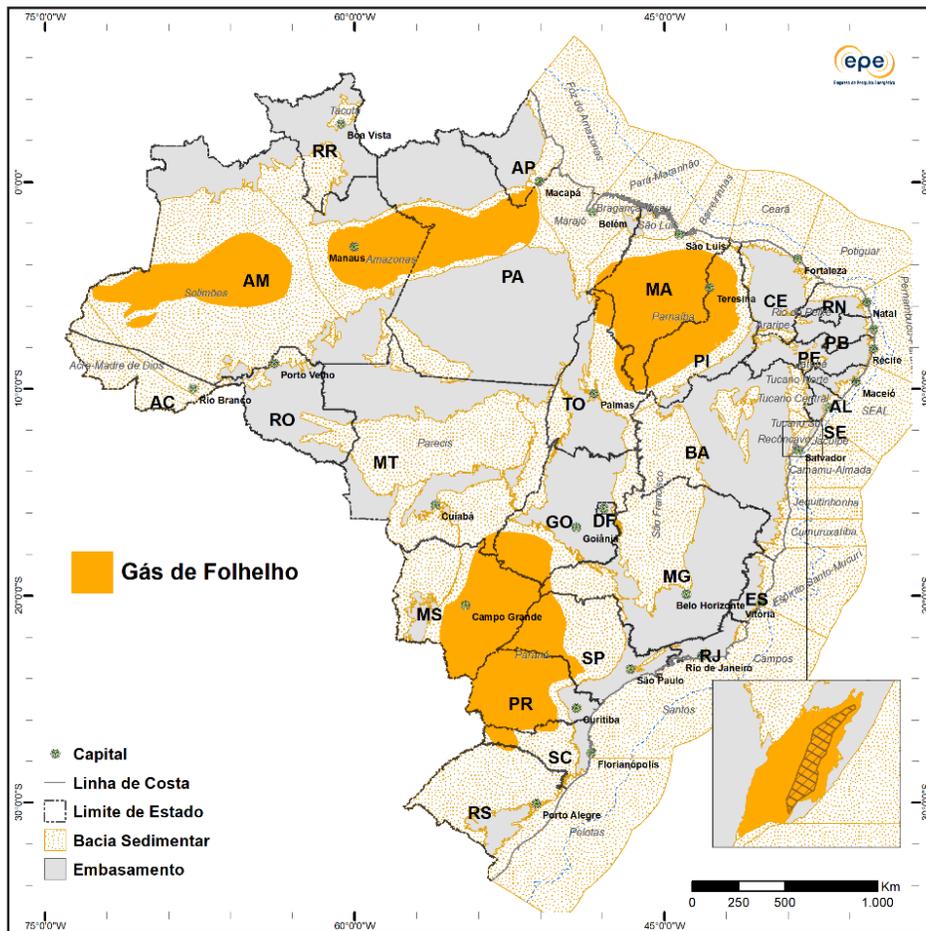


Figura 03 - Área de ocorrência estimada de depósitos de gás de folhelho nas bacias brasileiras. A área hachurada na Bacia do Recôncavo corresponde à porção de maior potencial de geração (CTMA/ PROMINP 2016 apud EPE 2015)

# 4I ESCOLHA DA BACIA GEOLÓGICA COM POTENCIAL EM HIDROCARBONETOS NÃO CONVENCIONAIS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

## 4.1 Bacia do São Francisco

O ambiente geológico do São Francisco possui significativos sistemas de hidrocarbonetos não convencionais tal qual os documentados pelo mundo. As ocorrências de exsudações de gás na região fazem com que a bacia seja alvo potencial de investigação de grandes *players* da exploração do gás. Atualmente estão disponíveis mais de 50 poços para pesquisas do gás não convencional no estado de Minas Gerais.

Segundo Reis (2018), o histórico de pesquisa em hidrocarbonetos no São Francisco pode ser subdividido em duas fases principais. A primeira fase abrange as décadas de 60 a 80 capitaneada por instituições públicas como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Companhia de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais (CODEMIG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que fizeram exploração e avaliação econômica das reservas da bacia e uma estruturação técnico-ambiental para viabilizar futuros projetos de exploração. A segunda fase contou com a participação do setor privado, iniciada em 2005 após a quebra do monopólio do petróleo e encontra-se vigente até hoje (REIS 2018). A fase atual caracteriza-se por uma estagnação parcial dos empreendimentos, pois o Ministério Público alegou a falta de estudos técnico-ambientais que assegurem uma exploração e produção de hidrocarbonetos em reservatório não convencional sem grandes efeitos deletérios aos ecossistemas locais. O potencial para gás natural do São Francisco em meio às incertezas regulatórias e os debates socioambientais fazem do local um laboratório de campo ideal para a estruturação metodológica de estudos socioambientais pré-operacionais à indústria do gás não convencional.

## 4.2 Área de Investigação

A bacia sedimentar escolhida pelo estudo foi a do São Francisco e, em sequência, a equipe de pesquisas GASBRAS Seção Minas Gerais definiu uma área de investigação que fosse representativa do tema a fim de desempenhar uma abordagem metodológica de monitoramento ambiental. Por isso foi escolhido as bacias hidrográficas dos rios Indaiá e Borrachudo (Figura 04), cuja a escolha foram baseadas nas seguintes premissas:

- a- Delimitação da área correspondesse aos limites de uma ou mais sub-bacias, tendo em vista que seria principalmente um trabalho com foco ambiental envolvendo questões hidrológicas;
- b- área que possuísse representatividade em escala regional;
- c- regiões onde já houvessem evidências da presença do gás, algum tipo de levantamento de pesquisas por empresas do setor, por pesquisas científicas de universidades ou mesmo por relatos históricos de ocorrências naturais como as denominadas exsudações;

d- região onde já houvesse dados bibliográficos disponíveis, em especial quanto a recursos hídricos, ao gás e aos aspectos geológicos e

e- região onde fosse viável realizar um inventário hidrológico significativo adicional (poços, águas de rios/córregos, nascentes, cisternas, estações fluviométricas e pluviométricas).

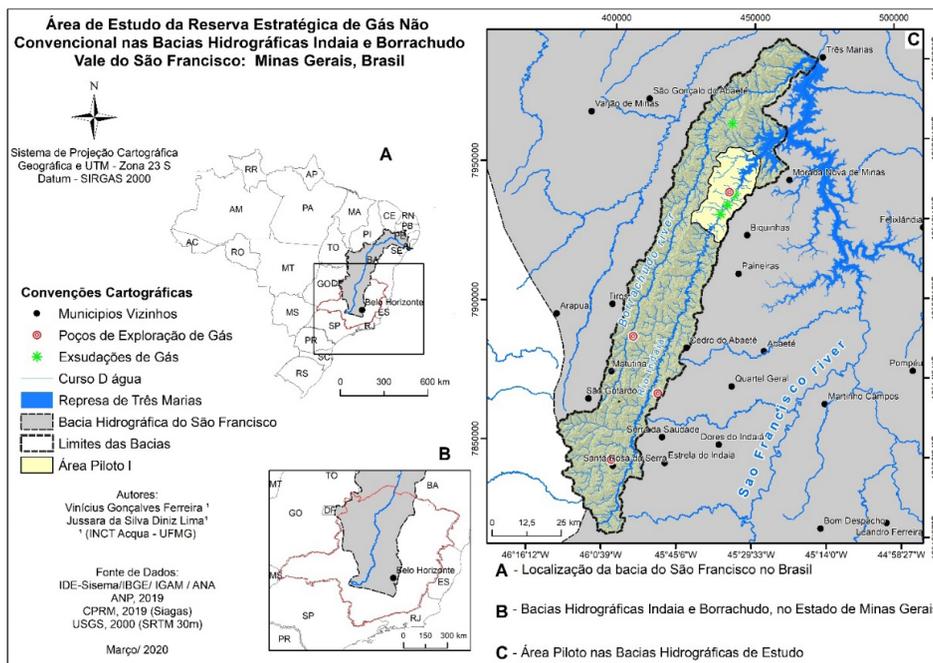


Figura 4 - Bacia do rio São Francisco e a localização da área de investigação como reserva estratégica de gás não convencional. Há destacado uma área piloto para início das atividades.

# 5I PREPARAÇÃO E ETAPAS DE CAMPO DE MONITORAMENTO

## 5.1 Passos para definição e implantação da Rede de Monitoramento

### 5.1.1 Inventário dos pontos de água e levantamento de dados bibliográficos

Antes dos trabalhos em campo foi fundamental o levantamento bibliográfico das informações de interesses geológicos, sociais e ambientais. Sendo úteis ainda algumas temáticas como geologia, pedologia, geomorfologia, hidrogeologia, fauna e flora. Dados referentes aos pontos de águas inventariados (nascentes, poços tubulares, cisternas, estações de qualidade em rios e córregos, estações pluviométricas e estações fluviométricas) e aqueles referentes à temática de gás não convencional (exsudações de gases, poços profundos de pesquisa/extração de gás e afloramento rochosos) foram levantados e utilizados para direcionamento dos novos cadastros de pontos primários em campo.

Após os levantamentos e organização em tabelas, o trabalho de pesquisa elaborou mapas, gráficos e perfis fundamentais nas discussões e interpretações de pré-reconhecimento e uma pré-visualização espacial da área que se almejava monitorar.

### 5.1.2 Campo de Reconhecimento

O objetivo do campo de reconhecimento em uma determinada área de investigação é buscar informações úteis e adicionais àquelas levantadas (item 5.5) sobre a abordagem da temática pesquisada. No trabalho de campo de reconhecimento, que antecede uma etapa de campo de monitoramento, deve-se procurar realizar uma análise sobre a situação da área, atestar informações coletadas através de referências bibliografias e agregar com novas informações. Por isso, é importante o auxílio de dados cartográficos (mapas, cartas e imagens de satélites), histórico de trabalhos geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos e climáticos, realizados em trabalho passados.

Alguns pontos que deve ser levado em consideração no campo de reconhecimento são:

- Efetuar registros fotográficos da área;
- Visitar pontos de relevância temática como de geologia do gás (exsudações, poços de pesquisas de gás, afloramentos rochosos) e de recursos hídricos (rios, córregos, nascentes, poços tubulares, cisternas, estações pluviométricas e fluviométrica);
- Verificar o tipo de relevo e de paisagem com aquelas apresentadas quanto ao tema;
- Verificar os meios de produção e econômicos do local em cada região;
- Verificar os tipos de vegetações em cada região de acordo com mapa temático levado a campo;
- Verificar os tipos de uso e cobertura do solo se estão coerentes ao mapa temático levantado;

- Obter contatos durante visitas em campo e que serão úteis em determinados momentos das avaliações e validações da pesquisa como guias de campo, conhecedores de certas localidades, proprietários de fazendas, hotéis, pousadas etc.;
- Marcar os trajetos realizados.

Após o reconhecimento criterioso das informações coletadas em campo, os dados devem ser organizados em planilhas para tratamento das informações. Assim, os novos dados colhidos em campo podem ser úteis nas adequações e correções temáticas diversas.

### 5.2.3 Novos Cadastros para Rede de Monitoramento e seus Critérios

Após o campo de reconhecimento da área investigada foi importante atualizar as informações e elaborar um plano tático quanto aos critérios, parâmetros e as formas de atuações quanto as avaliações ambientais e sociais. Foi fundamental otimizar ações a serem tomadas de acordo tempo e gastos associados na pesquisa.

A equipe de pesquisa GASBRAS-MG elaborou um plano tático (Figura 05) através dos dados levantados e a campanha de reconhecimento executada. Este planejamento visou descrever os próximos passos/etapas na área investigada, quais tipos de avaliações possíveis, quais melhores práticas ambientais internacionais poderiam ser realizadas através de levantamento de dados e de monitoramentos de elementos factíveis.

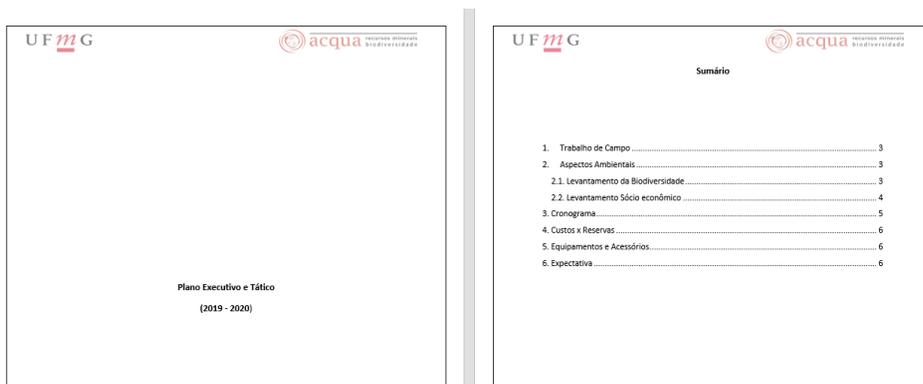


Figura 05 – Capa do Plano Executivo e Tático realizado para auxílio dos Novos Cadastros para Rede de Monitoramento.

Visto que a área de investigação é de expressão regional, ou seja, uma grande área de aproximadamente 4.400 km<sup>2</sup> (Figura 06), este teste preliminar demandaria tempo e talvez gastos desnecessários, por isso a equipe procurou definir uma área de monitoramento representativa e dentro da área de investigação, denominada como área piloto.

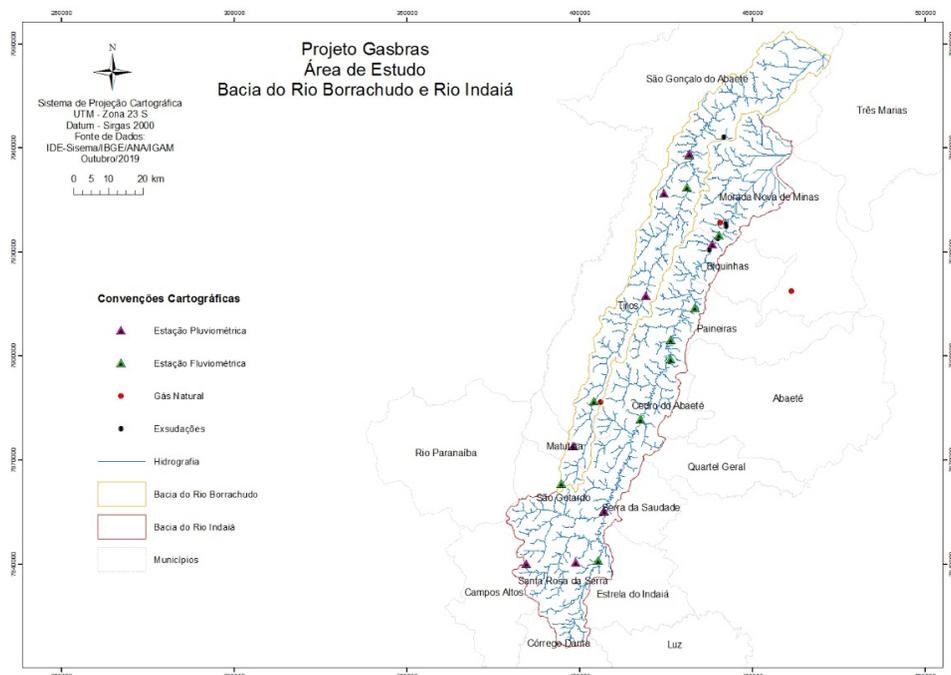


Figura 06 – Mapa de Localização da Área de Investigação com os primeiros pontos de interesses.

Obviamente, para escolha desta área piloto de monitoramento preliminar, reduzida e representativa (Figura 04), houveram fatores a considerar quanto a temática da pesquisa, sendo eles:

- Existência de ao menos um poço de exploração de gás profundo;
- Informações geológicas, geoquímicas, dados de monitoramentos (fluviométrico, pluviométrico e de qualidade da água) e dados sísmicos;
- Menor densidade demográfica quando comparada ao alto das bacias, além de apresentar menor grau de aproveitamento do uso e cobertura do solo;
- Houvesse pontos para realização de monitoramento social e ambiental;
- Abrangesse locais onde houvesse ocorrências de exsudações naturais de gases próximo ao rio e em solos;
- Ficou definido ainda que caso houvesse possibilidades, novos locais pilotos poderiam surgir com o progresso da pesquisa.

Ao se projetar a continuidade de um plano de teste de avaliações em área piloto, novas ideias foram surgindo e as interpretações preliminares foram sendo facilitadas. Este fato necessitou-se de elaboração de plano executivo tático das próximas ações de pesquisas a serem realizadas. Nele aborda como seriam realizadas as etapas de campo

que poderiam ser projetados para área de investigação, através do entendimento de quais aspectos ambientais seriam avaliados e como seriam abordados, cronogramas, custos associados, equipamentos necessários e perspectivas de entregas.

#### 5.2.4 Plano de Ação Ambiental e Social em Área Piloto

As concepções de trabalho em área piloto deveriam ter continuidade estendida para toda rede de monitoramento na área de investigação. A partir de então decidiu-se por trabalhar com o conceito de baseline, uma abordagem recorrente em estudos ambientais internacionais em contexto de exploração e produção de gás não convencional, principalmente em países europeus, como por exemplo as três referências utilizadas e destacadas na Figura 07.

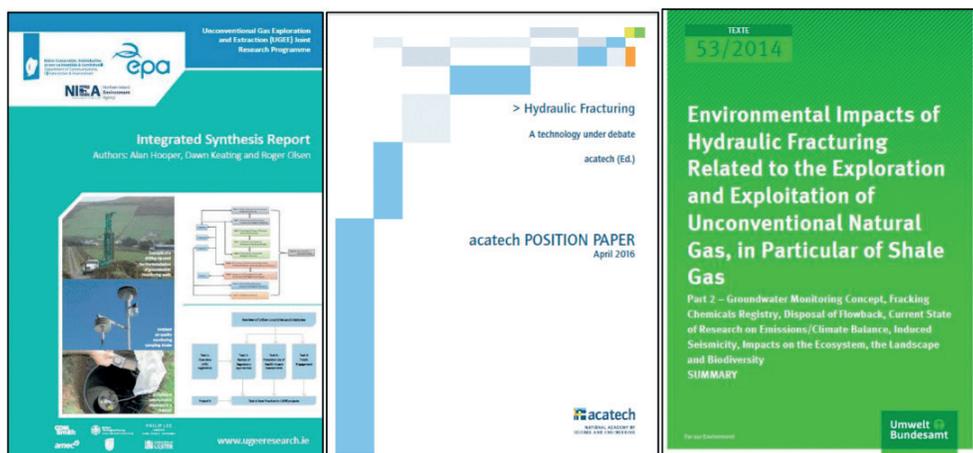


Figura 07 – Capa de três trabalhos utilizados no âmbito deste estudo.

Os baselines são basicamente uma linha de base, são dados levantados e/ou monitorados e que servirão como referência (comparação) para avaliar e apontar possíveis impactos inerentes a fase operacional do gás não convencional ou mesmo a outras atividades antrópicas. Ou seja, eles devem ser executados antes, durante e depois de uma instalação de indústrias e hidrocarbonetos não convencional. São úteis para sustentar modelos conceituais e numéricos de simulação quanto à análise de risco socioambientais e tornam-se vitais, caso uma indústria deste tipo se instale na área. Os *baselines* incorporam, portanto, um serie de levantamentos e monitoramentos a fim de se conhecer os aspectos naturais, bem como os eventos modificadores naturais e antrópicos, diante de uma possível instalação da indústria de hidrocarbonetos ou de outras atividades industriais.

A prática de monitoramento de *baseline* pode gerar informações sobre as características da água, solo, subsolo, biodiversidade, ar e socioeconômicas. A necessidade de um monitoramento adequado do *baseline* deve ser considerado uma condição prévia para licenciamento da atividade de exploração e exploração de hidrocarbonetos não convencionais. Todavia, deve haver uma evolução dos critérios a serem abordados a cada

bacia e, principalmente, dos limites toleráveis, visto que estes acabam sendo na maioria das vezes resultados de fatores subjetivos, conforme as opiniões técnicas e a ciência do impacto ambiental avançam no entendimento (MOE et al., 2016).

Segundo Moe et al. (2016) uma abordagem preventiva deve ser adotada quando se faz um *baseline*, ou seja, o monitoramento deve ser abrangente em escopo e extensão; capaz de distinguir entre impactos da atividade do hidrocarbonetos não convencionais e impactos ambientais existentes e que permita que os impactos cumulativos sejam identificados em uma área maior.

Distinguir o impacto causado pela produção dos hidrocarbonetos em reservatório não convencional de outras pressões ambientais requer a aplicação de técnicas analíticas complexas. A melhor prática exige que as amostras de águas subterrâneas, por exemplo, sejam analisadas para uma ampla gama de parâmetros analíticos, incluindo gases dissolvidos na água, isótopos estáveis e materiais radioativos naturalmente (NORM).

Os *baselines* que podem ser levantados no âmbito da área piloto e conseqüentemente para toda área de investigação são: 1-Água subterrânea e superficial, 2-Biodiversidade, 3-Social e econômico, 4- Geoquímica das rochas (rochas geradoras de gás e as que compõem aquíferos rasos) e 5- Caracterização do gás metano exsudado naturalmente nos rios e solo. A seguir será detalhado cada tipo elemento supracitado.

### Água superficial e subterrânea

Os parâmetros segundo Moe et al. (2016) recomendados para efeito de monitoramento de *baseline* das águas superficiais e subterrâneas encontra-se na Tabela 01.

| Parâmetros                        | Água subterrânea | Água superficial | Frequência |
|-----------------------------------|------------------|------------------|------------|
| Metano dissolvido                 | Sim              | Não              | Trimestral |
| CO <sub>2</sub> dissolvido        | Sim              | Não              | Trimestral |
| Gases hidrocarbonetos (C2 to C5)  | Sim              | Não              | Trimestral |
| <b>Nutrientes e química geral</b> |                  |                  |            |
| Amônia                            | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Amônio                            | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Nitrito como N                    | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Nitrato como N                    | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Ortofosfato como P                | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Fósforo total                     | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Carbono orgânico total            | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Sólidos totais dissolvidos        | Sim              | Sim              | Trimestral |
| Sólido em suspensão total         | Sim              | Sim              | Trimestral |
| <b>Íons Maiores</b>               |                  |                  |            |

|              |     |     |            |
|--------------|-----|-----|------------|
| Alcalinidade | Sim | Sim | Trimestral |
| Cloro        | Sim | Sim | Trimestral |
| Fluoreto     | Sim | Sim | Trimestral |
| Sulfato      | Sim | Sim | Trimestral |
| Sódio        | Sim | Sim | Trimestral |
| Potássio     | Sim | Sim | Trimestral |
| Magnésio     | Sim | Sim | Trimestral |
| Cálcio       | Sim | Sim | Trimestral |
| Ferro        | Sim | Sim | Trimestral |
| Manganês     | Sim | Sim | Trimestral |
| Boro         | Sim | Sim | Trimestral |

#### Elementos Traços

|            |     |     |            |
|------------|-----|-----|------------|
| Alumínio   | Sim | Sim | Trimestral |
| Cromo      | Sim | Sim | Trimestral |
| Níquel     | Sim | Sim | Trimestral |
| Cobre      | Sim | Sim | Trimestral |
| Zinco      | Sim | Sim | Trimestral |
| Arsênio    | Sim | Sim | Trimestral |
| Cádmio     | Sim | Sim | Trimestral |
| Antimônio  | Sim | Sim | Trimestral |
| Bário      | Sim | Sim | Trimestral |
| Chumbo     | Sim | Sim | Trimestral |
| Urânio     | Sim | Sim | Trimestral |
| Mercúrio   | Sim | Sim | Trimestral |
| Cobalto    | Sim | Sim | Trimestral |
| Molibdênio | Sim | Sim | Trimestral |
| Estrôncio  | Sim | Sim | Trimestral |
| Prata      | Sim | Sim | Trimestral |
| Berílio    | Sim | Sim | Trimestral |
| Bromo      | Sim | Sim | Trimestral |
| Vanádio    | Sim | Sim | Trimestral |

#### Descrição de fontes de carbono

|                                     |     |     |            |
|-------------------------------------|-----|-----|------------|
| Carbono orgânico dissolvido (DOC)   | Sim | Sim | Trimestral |
| Carbono inorgânico dissolvido (DIC) | Sim | Sim | Trimestral |

#### Orgânicos traços

|   |     |     |  |
|---|-----|-----|--|
| Hidrocarboneto poliaromático (PAH) - série completa | Sim | Sim | Semestral (incluindo condições de baixo fluxo) |
|---|-----|-----|--|

|   |     |     |  |
|---|-----|-----|--|
| Composto orgânico volátil (VOCs) - série completa         | Sim | Sim | Semestral (incluindo condições de baixo fluxo)   |
| <b>Isótopo estável em metano dissolvido</b>               |     |     |  |
| Hidrogênio ( $\delta^2\text{H}$ )                         | Sim | Não | Trimestral (se metano for detectado)             |
| Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ )                         | Sim | Não | Trimestral (se metano for detectado)             |
| Oxigênio ( $\delta^{18}\text{O}$ )                        | Sim | Não | Trimestral (se metano for detectado)             |
| <b>Materiais radioativos de ocorrência natural (NORM)</b> |     |     |  |
| Alfa/Beta total   | Sim | Sim | Trimestral                                       |
| Ra-226/Ra-228   | Sim | Sim | Trimestral (se alfa/beta total exceder o limite) |
| Rn-222  | Sim | Sim | Trimestral (se alfa/beta total exceder o limite) |

Tabela 01: Parâmetros e frequências para realização de monitoramento de *baseline* em águas superficiais e subterrâneas.

Fonte: Elaborado pelos autores

Os pontos de monitoramento possíveis para o *baseline* de águas incluirão águas superficiais (rios, córregos, lagoas e barragens), águas subterrâneas (poços tubulares, poços escavados, poços de monitoramento e piezômetros) e nascentes. É importante definir ponto (s) de coleta (s) de água de chuva, com instalação de coletor (es), visando análises hidroquímicas e isotópicas.

### Biodiversidade

Segundo o ministério do Meio Ambiente (MMA) a biodiversidade de uma área inicia com o levantamento de espécies da fauna, flora, fungos e micro-organismos. O trabalho de pesquisa na área de investigação no contexto da Bacia do São Francisco optou por realizar levantamentos de dados gerais em mapa, retirados do Sistema de Infraestrutura de Dados Espaciais IDE-Sisema (Figura 08) juntamente com a Biodiversitas (Fundação não governamental) e apresentado na Figura 09. Nela é apresentado as áreas de proteção integral, área prioritárias de conservação e o contexto do bioma que neste caso é o cerrado.

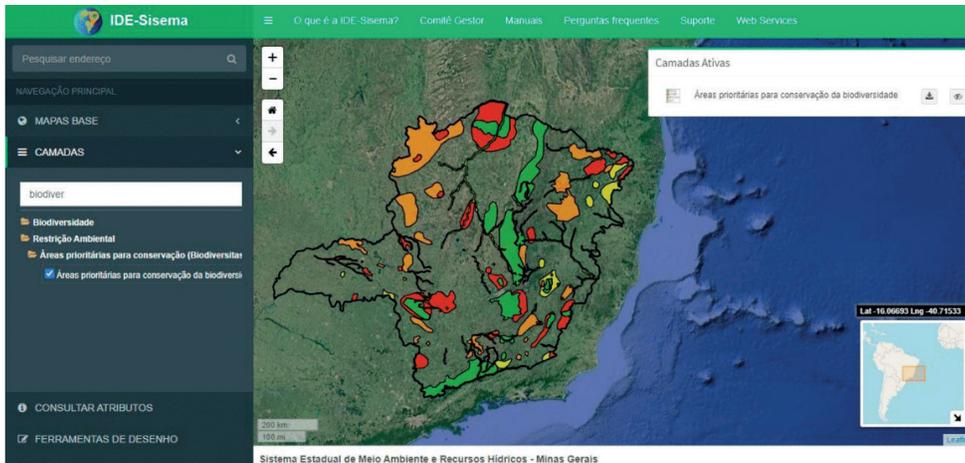


Figura 08 – Visualização da plataforma do IDE-Sisema visto pelo link: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

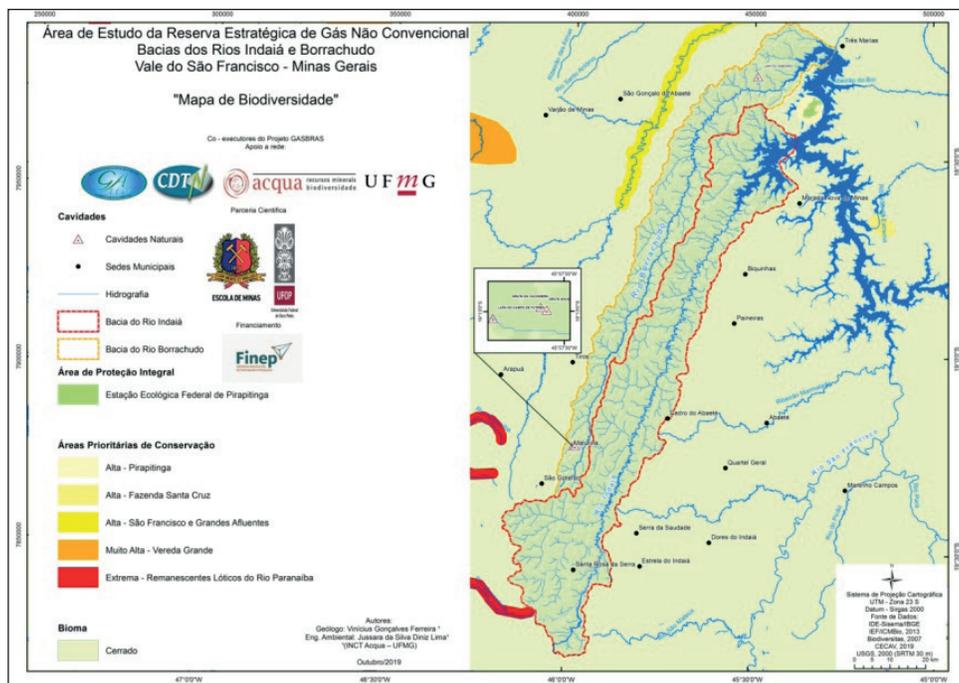


Figura 09 – Mapa da biodiversidade na região de estudo.

Estes órgãos classificam a biodiversidade do Estado de Minas Gerais em áreas prioritárias de conservação como extrema, muito alta e alta. As informações adquiridas neste estudo estão em formato de *shapefile* e foram colocadas em layout do projeto GASBRAS, ressaltando a área a ser estudada assim como áreas próximas às bacias dos rios Indaiá e Borrachudo (Figura 09).

Para o estudo da conservação da biodiversidade é importante um planejamento sistemático quanto aos alvos: animais, vegetais, habitats, serviços ambientais, cavernas, paisagens e qualquer outra ocorrência que sirva de mapeamento para contribuição ou manutenção da biodiversidade. Portanto, para este entendimento, foi utilizado duas referências destacadas nas Figuras 10 e 11.



|      |   |    |
|------|---|----|
| 1079 | <i>Callithrix inhamata</i> Bruno et al.           | EN |
| 1080 | <i>Ornina arcturina</i> M.L. Kawas                | EN |
| 1081 | <i>Onychia cornuta</i> Adm.                       | VU |
| 1082 | <i>Onychia inana</i> Kuhl                         | EN |
| 1083 | <i>Onychia nasica</i> M.C. Vianna & Fontella      | EN |
| 1084 | <i>Onychia oysterae</i> Bonn.                     | EN |
| 1085 | <i>Onychia santaliciae</i> M.C. Vianna & Fontella | EN |
| 1086 | <i>Onychia</i> sp.                                | EN |
| 1087 | <i>Ornina aurea</i> L.H. Smith & Downs            | EN |
| 1088 | <i>Ornina bicolor</i> L.H. Smith & Downs          | EN |
| 1089 | <i>Ornina schottlandi</i> Marshall & Leary        | CR |
| 1090 | <i>Ornina alaudina</i> Waud.                      | CR |
| 1091 | <i>Ornina fibrosa</i> Krul & Waud.                | CR |
| 1092 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1093 | <i>Ornina bairdii</i> L.H. Smith & Downs          | CR |
| 1094 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1095 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1096 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1097 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1098 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1099 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1100 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1101 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1102 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1103 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1104 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1105 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1106 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1107 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1108 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1109 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1110 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1111 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1112 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1113 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1114 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1115 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1116 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1117 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1118 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1119 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1120 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1121 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1122 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1123 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1124 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1125 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1126 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1127 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1128 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1129 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1130 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1131 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1132 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1133 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1134 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1135 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1136 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1137 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1138 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1139 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1140 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1141 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1142 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1143 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1144 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1145 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1146 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1147 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1148 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1149 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1150 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1151 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1152 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1153 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1154 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1155 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1156 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1157 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1158 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1159 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1160 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1161 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1162 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1163 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1164 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1165 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1166 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1167 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1168 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1169 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1170 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1171 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1172 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1173 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1174 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1175 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1176 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1177 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1178 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1179 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1180 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1181 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1182 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1183 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1184 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1185 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1186 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1187 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1188 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1189 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1190 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1191 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1192 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1193 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1194 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1195 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1196 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1197 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1198 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1199 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |
| 1200 | <i>Ornina</i> sp.                                 | CR |

\*Espécies constantes na IN 06/2008  
CR - Criticamente em Perigo  
EN - Em Perigo  
VU - Vulnerável

**PORTARIA Nº 444, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014**

A MINISTRA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, no uso de suas atribuições, e tendo em vista o disposto na Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, no Decreto nº 6.101, de 26 de abril de 2007, e na Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014, resolve:

Art. 1º Reconhecer como espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção" - Lista, conforme Anexo I da presente Portaria, em observância aos arts. 6º e 7º, da Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014.

§ 1º A presente portaria trata de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados terrestres e indica o grau de risco de extinção de cada espécie.

§ 2º Répteis e invertebrados aquáticos serão objeto de Portaria específica.

Art. 2º As espécies constantes da Lista, conforme Anexo I, classificadas nas categorias Extintas na Natureza (EW), Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU) ficam protegidas de modo integral, incluindo, entre outras medidas, a proibição de captura, transporte, armazenamento, guarda, manejo, beneficiamento e comercialização.

§ 1º A captura, transporte, armazenamento, guarda e manejo de exemplares das espécies de que trata o caput somente poderá ser permitida para fins de pesquisa ou para a conservação da espécie, mediante autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes.

§ 2º As instituições estabelecidas no caput não se aplicam a exemplares reproduzidos em cativeiro devidamente autorizados pelo órgão ambiental competente em conformidade com o Decreto nº

|     |  |                           |    |
|-----|--|---------------------------|----|
| 10  | Curvidae   |                           |    |
| 11  | <i>Blattocercus dichotomus</i> (Hilger, 1815)              | Cervo-do-pantanal         | VU |
| 12  | <i>Mazama bororo</i> Duarrie, 1996                         | Meado-bororo-de-são-paulo | VU |
| 13  | <i>Mazama nana</i> (Hemsel, 1872)                          | Meado-bororo-do-sul       | VU |
| 14  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 15  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 16  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 17  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 18  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 19  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 20  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 21  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 22  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 23  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 24  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 25  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 26  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 27  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 28  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 29  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 30  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 31  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 32  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 33  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 34  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 35  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 36  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 37  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 38  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 39  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 40  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 41  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 42  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 43  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 44  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 45  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 46  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 47  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 48  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 49  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 50  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 51  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 52  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 53  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 54  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 55  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 56  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 57  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 58  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 59  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 60  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 61  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 62  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 63  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 64  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 65  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 66  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 67  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 68  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 69  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 70  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 71  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 72  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 73  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 74  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 75  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 76  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 77  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 78  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 79  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 80  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 81  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 82  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 83  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 84  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 85  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 86  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 87  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 88  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 89  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 90  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 91  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 92  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 93  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 94  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 95  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 96  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 97  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 98  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 99  | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |
| 100 | <i>Oryzopsis heterostachya</i> Kerriovian (Linnaeus, 1758) | Meado-campesin            | VU |

Figura 10 – Portaria que menciona a flora ameaçada de extinção

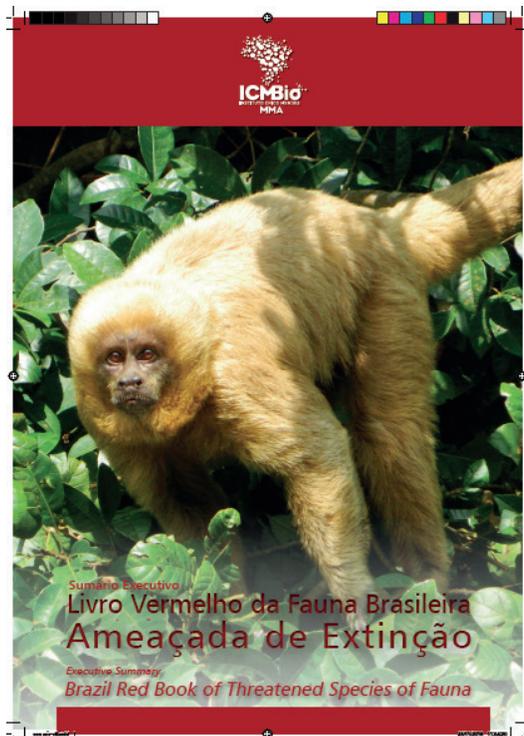


Figura 11 – Livro que descreve a fauna brasileira ameaçada de extinção

Sendo assim, para o estudo na área das bacias dos rios Indaiá e Borrachudo, propôs-se um levantamento de:

- Espécies da Fauna;
- Espécies Florísticas;

Quanto ao levantamento da fauna (Avifauna, Ictiofauna, Herpetofauna e Mastofauna) e flora, propôs o levantamento otimizado quanto das espécies endêmicas, ameaçadas de extinção e restrito de corte. Especificamente para a fauna do cerrado em geral, pôde-se consultar as portarias MMA n° 444 e n° 445, de 17 de setembro de 2014, onde se encontram diversas espécies ameaçadas e seu grau de classificação. Para maior detalhamento, uma catalogação de espécies existentes foi elaborada antes das campanhas de visitação e entrevistas em campo e que tanto auxiliou como facilitou na identificação direta ou indireta, por meio de registros antigos constatados pela comunidade local.

### Cavidades Naturais e Paisagem e Relevô

Quanto às cavidades naturais, os levantamentos mostraram que na área de investigação verifica-se algumas cavidades catalogadas pela CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas). Notou-se presença de quatro cavidades naturais capazes de abrigar fauna única, além de peixes e invertebrados troglóbios, o que torna essas regiões de grande importância para a biodiversidade. É viável para um pré-campo

elaborar o mapa de potencialidade de cavernas (Figura 12), essencial no pré-julgamento de possibilidades de ocorrências de cavidades. Além disso, é conveniente programar conversas junto aos moradores e fazendeiros locais na etapa de campo sobre a possibilidade de ocorrência de cavidades.

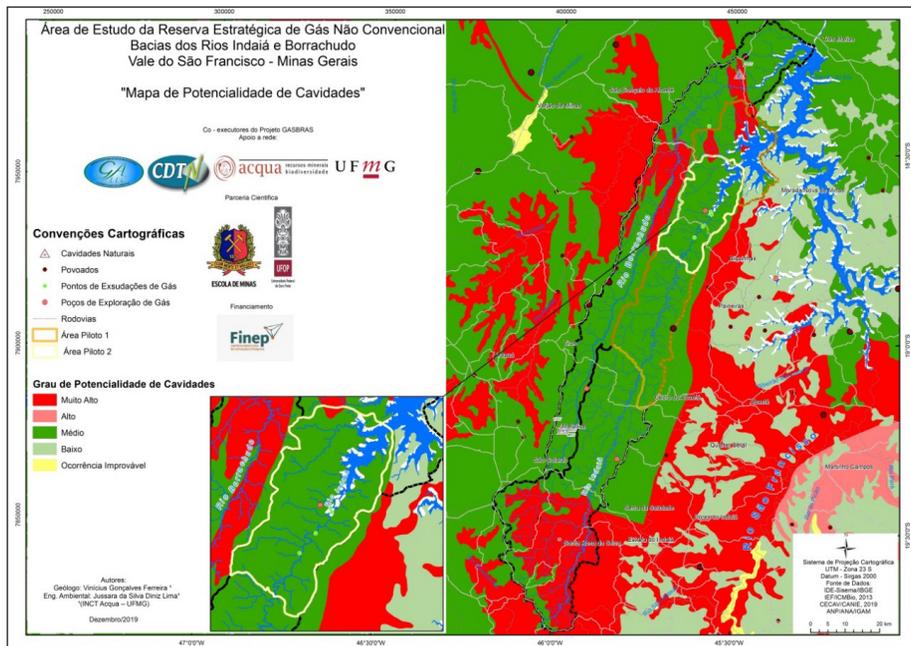


Figura 12 - Mapa de Potencialidade de Cavidades

Para entendimento e caracterização da paisagem e do relevo foi elaborado um mapa hipsométrico com representações altimétricas do relevo (Figura 13). É recomendável neste tipo de abordagem e comparações futuras o uso de serviços de satélites com imagens diversas atualizadas e passadas, a fim de se verificar o estado atual e pretérito. Entretanto, esse tipo de serviço poderá demandar mais recursos financeiros e de tempo. Quanto a paisagem foram executados serviços fotográficos e filmagens georreferenciadas, sejam por drones ou máquinas fotográficas digital. Estes registros de mídias devem envolver capturas no período de estiagem e no chuvoso. Por fim, tipos de dados como estes poderão ser confrontados e/ou adicionados juntamente com as imagens de satélites ao se caracterizar o cenário paisagístico local.



de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), Secretaria do Tesouro Nacional (STN) do Ministério da Fazenda, Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano (PNUD), além de outros estudos já realizados nos territórios pesquisados;

- Análise comparativa dentro da região ou mesmo com estado de Minas Gerais ou com o Brasil, valendo-se de séries históricas;
- Levantamento de dados dos centros urbanos considerados temas específicos (organização do território, dinâmica econômica, educação, saúde, saneamento, transporte e segurança pública) e utilizar questionários estruturados, entrevistas temáticas e observação de campo;
- Os temas retratados nas entrevistas terão como objetivo a avaliação da organização do território, educação, saúde, dinâmica econômica, saneamento, transporte, levantamento imobiliário, segurança pública, estrutura de empregos e outros que se fizerem necessários.

### Geoquímica das rochas

O *baseline* de rochas que compõe as geradoras de gás e dos aquíferos é de extrema importância para avaliação e/ou comparação de eventuais parâmetros anômalos que forem detectados nos recursos hídricos, nos gases ou no solo.

A caracterização das rochas geradoras iniciará com levantamento de dados técnicos da geoquímica de rochas. Esses dados aqui no Brasil podem ser solicitados junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) ou empresas do setor de petróleo, de pesquisa de recursos minerais (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, por exemplo) ou mesmo empresas particulares de mineração.

Salienta-se que pesquisas bibliográficas (artigos, relatórios técnicos, dissertações e teses com viés geoquímico) podem ser de grande utilidade quanto aprofundamento de *baseline* das questões de caracterizações de rochas e conseqüentemente dos aquíferos da região sob pesquisa.

### Caracterização do gás metano

Documentar a presença ou ausência de metano natural (e outros constituintes gasosos) nas águas subterrâneas é um dos principais objetivos do monitoramento do *baseline*. Esta importância se deve ao fato de que o gás metano ser um dos principais contaminantes associados à operações de fraturamento hidráulico. Além disso é de extrema importância a realização de análises de gases em águas superficiais e em solos onde há ocorrência de exsudações naturais.

A análise de gás metano foi executada em águas subterrâneas e superficiais nas proximidades das regiões onde ocorrem exsudações de gases naturais. Os resultados das análises do gás metano servem para caracterizar um possível *background* natural na região e para realização de correlação com a gênese do gás (termogênica ou biogênica). Ressalta-se a importância de se levantar dados bibliográficos de gases em todo contexto da bacia do São Francisco. Outra atividade importante a se realizar em uma área de investigação é

mapear as principais estruturas geológicas que estão favorecendo ou não os fenômenos de exsudações, visto que o seu conhecimento facilita nas interpretações e avaliações futuras das análises de gases presentes em sedimentos e em águas.

#### *5.1.5 Campo para Novos Cadastros Ambientais em Área Piloto*

Esta etapa teve por finalidade realizar o levantamento prático complementar dos aspectos socioeconômicos e informações e/ou dados quanto aspectos ambientais (nascentes, flora, fauna e cavidades naturais).

##### Cadastro de Aspectos Ambientais

A forma de atuação voltada aos aspectos ambientais considerou a necessidade de novos cadastros de nascentes, visto que não havia nenhuma nascente cadastradas na área piloto e uma única nascente cadastrada quando se considerava toda área de investigação. Soma-se aos aspectos ambientais cadastros de informações de fauna, flora, pontos de águas superficiais e subterrâneas, cavidades naturais e paisagem e relevo.

Através dos cadastros de nascentes foi possível fazer uma análise de fatores e outros elementos associados, além dos seus estados de conservação através de uma abordagem do grau de degradação, e direcionamento ou não, no futuro, para recuperação por meio de limpeza, plantio de mudas e cercamento da área. O grau de degradação de cada nascente era considerado a partir da situação da APP – Área de Proteção Permanente. As demais abordagens que foram realizadas com a caracterização de nascentes foram a descrição quanto a flora, fauna, cavidades naturais (cavernas) e paisagem/relevo. Devido a otimização dos trabalhos com foco principal em nascentes, foi elaborado antecipadamente as localizações potenciais de nascentes de interesse pela pesquisa apresentadas na Figura 14. Obviamente para efeito de cadastros de pontos de águas durante o campo houve também cadastros de novos poços tubulares utilizados pela população rural local, de pontos em córrego e/ou rios para efeitos de estações de qualidade da água e sedimentos.

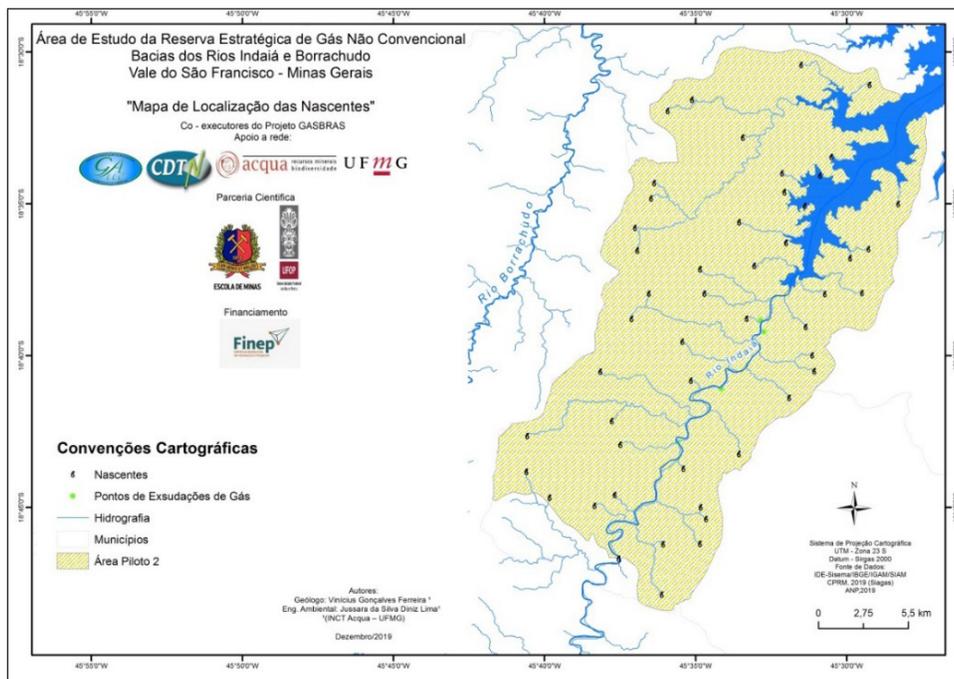


Figura 14 - Mapa com localização das nascentes

Durante esta etapa, realizou-se medições in situ de pH, temperatura do ar e da água em °C, condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ORP – Potencial Redox (mV) e STD-Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L). Os pontos que foram realizados estas medições foram em águas de nascentes, poços e águas de rios/córregos e estes dados tornariam importante para escolhas dos pontos que seriam integrados a rede de monitoramento.

A flora e fauna foram avaliadas a partir de uma relação bibliográfica sobre espécies existentes no contexto da Bacia do São Francisco, principalmente aquelas ameaçadas de extinção e restrito de corte. Ressalta-se que catálogos de fauna e flora levantadas apresentavam descrições das espécies, nomes científicos e populares (fotografia se possível) conforme observado nas Figuras 15 e 16. A etapa de campo durante localização de nascentes ocorreu através de caminhamentos e também por entrevistas aos moradores locais, fazendo conferência com o catálogo de espécies (se tem, ou não tem, se teve ou nunca teve na área, entre outros apontamentos). Na Figura 17 é possível identificar planilha realizada para apoio de coleta de dados em campo.

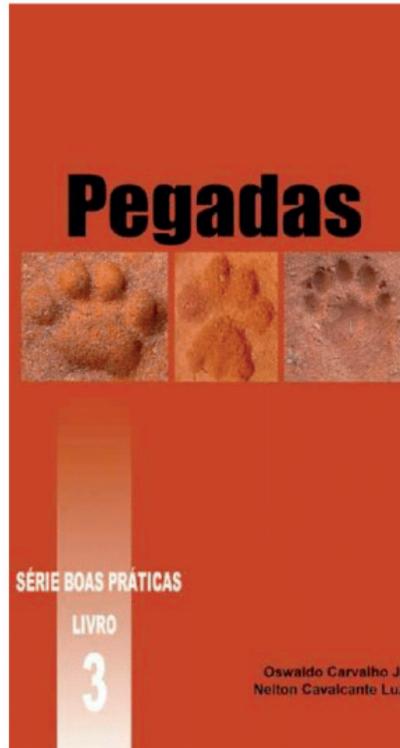


Figura 15 – Referência utilizada para catalogar pegadas



**Família *Dasypodidae***

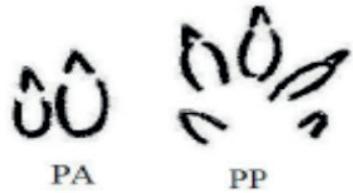


Figura 16 – Pegada do Tatu.

Fonte: Guia de Identificação de Pegadas USP e Carvalho Jr, Oswaldo; Luz, Nelton Cavalcante. Belém-PA: EDUFPA, 2008. 64p.;il

| UFMG                         |             | CDT                       |           | acqua                  |               | recursos hídricos biodiversidade    |              | Planilha de Campo                       |         |           |                   |         |      |       |  |
|------------------------------|-------------|---------------------------|-----------|------------------------|---------------|-------------------------------------|--------------|---|---------|-----------|-------------------|---------|------|-------|--|
| Nome do Ponto                |             | Local de Coleta:          |           | Localidade:            |               |                                     |              | Coordenadas UTM:                        |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | N                         |           |                        |               |                                     |              | X                                       |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | PT                        |           |                        |               |                                     |              | Y                                       |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | EF                        |           | Proprietário:          |               |                                     |              | COTA                                    |         |           |                   |         |      |       |  |
| Equipe de Campo:             |             | EP                        |           |                        |               |                                     |              | Condições Atmosféricas:                 |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | EQ                        |           |                        |               |                                     |              | En solarado                             |         | Nublado   |                   | Chuvoso |      | Outro |  |
|                              |             | PG                        |           | Data:                  |               | Hora:                               |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | EX                        |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             | CV                        |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Parametros Medidos "in loco" |             |                           |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| pH                           |             | Temperatura (°C)<br>do ar |           | Conduktividade (µS/cm) |               | ORP - Potencial Redox (mV)          |              | STD - Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) |         |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             |                           |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Equipamento:                 |             |                           |           |                        |               | Medidor Multiparâmetros             |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Vegetação                    |             |                           |           |                        |               | Presença Perceptível de Seres Vivos |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Ausente                      | Mata Ciliar | Herbácea                  | Arbustiva | Arbórea                | Área Agrícola | Peixes                              | Alevinos     | Anfíbios                                | Répteis | Mamíferos | Plantas Aquáticas | Algas   | Aves |       |  |
|                              |             | Sim                       | Não       | Qual:                  |               | Especie Ameaçada                    |              | Sim                                     | Não     | Qual:     |                   |         |      |       |  |
| Especie Imune:               |             |                           |           |                        |               | Especie Ameaçada                    |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Especie Ameaçada:            |             |                           |           |                        |               | Especie Encontrada                  |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Número Foto:                 |             |                           |           |                        |               | Número Foto:                        |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Paisagem e Relevo            |             |                           |           |                        |               | Cavidades Naturais                  |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Interferência Humana:        |             |                           |           |                        |               | Sim                                 |              |   |         | Não       |                   |         |      |       |  |
| Tipos de Erosão              |             |                           |           |                        |               | Tipo                                |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Laminar                      | Sulcos      | Ravina                    | Fluvial   | Voçorocas              | Calçaria      | Ferrifera                           | Quartzíticas |   | Outras  |           |                   |         |      |       |  |
|                              |             |                           |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Número da Foto:              |             |                           |           |                        |               | Número da Foto:                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |
| Informações Relevantes:      |             |                           |           |                        |               |                                     |              |   |         |           |                   |         |      |       |  |

Figura 17 – Planilha elaborada para preenchimento e obtenção de informações em campo

A caracterização da paisagem e do relevo em campo foi realizada através de fotografias dos principais locais de preservação, drenagens, ações antrópicas, assim como locais onde o uso e ocupação do solo são mais intensos. (Figura 18)



Figuras 18 – Algumas imagens utilizadas para análises da paisagem e relevo

Quanto às cavidades naturais o trabalho não se observou registros locais durante visita e entrevistas aos moradores locais. Este fato está de acordo com o mapa de potencialidade de cavidade (Figura 12), que informa que o grau de existência deste parâmetro para área é médio, ou seja, não se pode descartar a possibilidade de existência de cavidades na área. Estes tipos de informações podem ser encontrados dentro do portal do CECAV-CANIE (Figura 19)

The image shows a screenshot of the website 'Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE'. The page has a green header with navigation links: 'Início', 'Ir para Conteúdo', 'Mapa do Site', 'Fale Conosco', and 'Acesso à Informação'. There is also a search bar and a 'BRASIL' logo. The main content area features the CANIE logo, which includes a stick figure climbing a rock. The text on the page describes the CANIE as part of the SINIMA system, established by Resolution CONAMA N° 347/2004. It mentions that the CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) is responsible for technical support and management. A section titled 'I - BASE LEGAL:' lists the legal basis, including Resolution CONAMA N° 347/2004 and specific paragraphs regarding environmental licensing for cave exploration.

Figura 19 – Referência utilizada para descobertas de cavernas cadastradas na região obtido pelo link: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/>

### Cadastro de Aspectos Socioeconômicos

Levantamentos de dados municipais ocorreram através de visitas em sedes das prefeituras e escolas das cidades de Morada Nova de Minas e Biquinhas, visto que elas contemplam grande parte da área piloto. Os dados fizeram considerações gerais de temas específicos como organização do território, dinâmica econômica, educação, saúde, saneamento, transporte e segurança pública. Alguns destes dados já haviam sido colhidos em sites do IBGE. Na Figura 20 é apresentado o questionário utilizado para auxílio desta atividade em campo.

|   |           |                      |                       |
|---|-----------|----------------------|-----------------------|
|                            |           | Questionário         |                       |
| Prefeitura de:  | Biquinhas | Morada Nova de Minas | São Gonçalo do Abaete |
| Questão 1 - Qual a quantidade de escolas e creches?   |           |                      |                       |
| Questão 2 - Quantidade de alunos e crianças nas escolas e creches   |           |                      |                       |
| Questão 3 - Quais os principais problemas enfrentados na educação?  |           |                      |                       |
| Questão 4 - Quantidade de faculdades e quais os cursos ofertados.   |           |                      |                       |
| Questão 5 - Quantidade de hospitais   |           |                      |                       |
| Questão 6 - Principais problemas enfrentados na Saúde   |           |                      |                       |
| Questão 7 - Principais atividades econômicas  |           |                      |                       |
| Questão 8 - Informações sobre os povoados na zona rural ( números, nível de escolaridade, empregos e saúde) |           |                      |                       |
| Informações Relevantes:   |           |                      |                       |

Figura 20 – Questionário realizado

### 5.1.6 Pontos e Parâmetros Ambientais na Rede de Monitoramento Área Piloto

#### Pontos da rede de monitoramento

Esta etapa consistiu em estabelecer a rede de monitoramento para área piloto através de pontos de estações de monitoramento. As quantidades de pontos de estações e os parâmetros/elementos ambientais possíveis de monitorar se tornaram essenciais. A Tabela 02 apresenta os oitos pontos selecionados para rede de monitoramento.

Procurou-se escolher pontos que fossem de fácil acesso logístico para amostragem de águas, sedimentos e gases. Foram, portanto, selecionado pontos de estações que contemplassem o monitoramento de qualidade e características atuais das águas subterrâneas e águas superficiais, que fosse possível avaliar sedimentos e as ocorrências naturais de gases em pontos de águas superficiais. *In situ* haveria de ocorrer medição de parâmetros físico químicos em águas, sendo eles, o pH, Condutividade elétrica, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Temperatura e Potencial Oxi-Redox (ORP).

| Nome do ponto | Tipo de estação                    | Elemento monitorado      |
|---------------|------------------------------------|--------------------------|
| 12-PT         | Poço Tubular                       | Água, gases              |
| 56-PT         | Poço Tubular                       | Água, gases              |
| 59-PT         | Poço Tubular                       | Água, gases              |
| 86-PT         | Poço Tubular                       | Água, gases              |
| 48-EX         | Rio (em local de exsudação de gás) | Água, gases e sedimentos |
| 79-EQ         | Córrego                            | Água, gases e sedimentos |
| 65-N          | Nascente                           | Água, gases e sedimentos |
| 73-EQ         | Rio                                | Água, gases e sedimentos |

Tabela 02 - Pontos de monitoramento selecionados de águas, sedimentos e gases no âmbito da área piloto antes de projetar para toda área de investigação.

A figura 21 e 22 apresenta a distribuição dos pontos que compõem a rede de monitoramento de águas, sedimentos e gases realizada pela equipe GASBRAS-MG na área piloto.

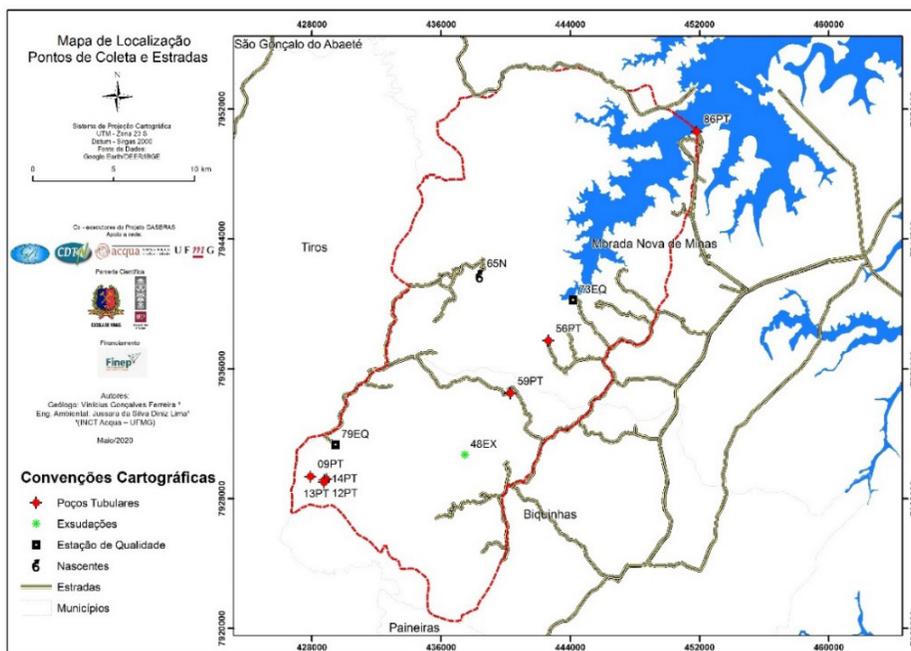


Figura 21 - Mapa com pontos de monitoramento na área piloto e estradas.

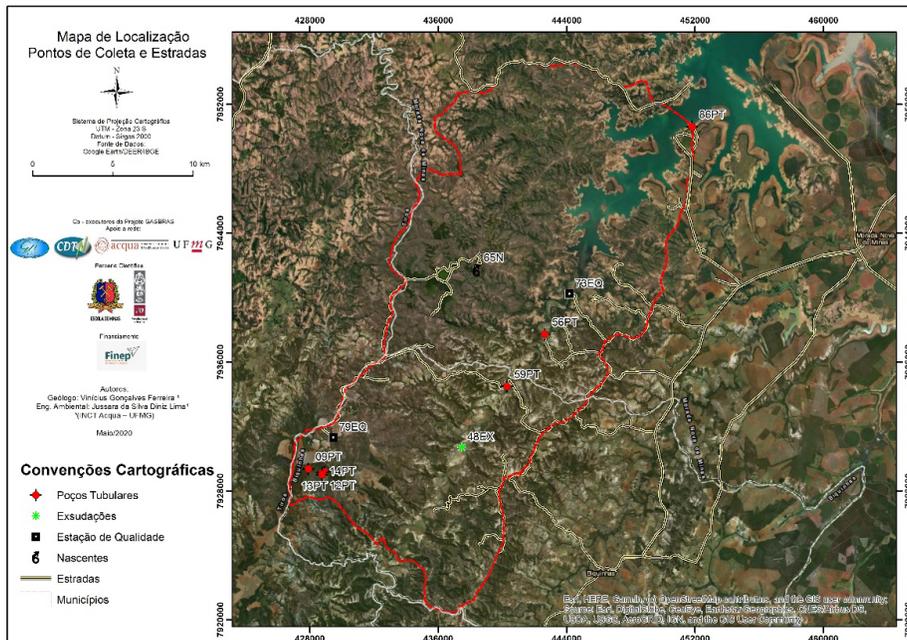


Figura 22 - Mapa com pontos de monitoramento e estradas em imagem Google Earth.

A rede de monitoramento elaborada para área piloto através de oitos pontos de estações visou avaliar os elementos recursos hídricos, sedimentos de rios/córregos e gases que serão detalhados a seguir.

### Parâmetros de monitoramentos em águas

Quanto a coleta de águas os frascos foram etiquetados, e as amostras foram filtradas e/ou acidificadas quando for o caso. As análises em águas e seus objetivos que foram abordados no estudo estão apresentados na Tabela 03.

| <b>Ensaio</b>  | <b>Objetivos da Análise</b>   |
|--|---|
| <i>Alcalinidade</i>  | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade   |
| <i>Bicarbonato</i>   | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade   |
| <i>Metais totais (exceto cromo hexavalente), Semimetais e Dureza</i>             | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Especifica sobre Temática de Gás |
| <i>Anions (Cl-, F-, Nitrato, Nitrito, Sulfato)</i>                               | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade   |
| <i>Cátions (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>)</i> | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade   |

|   |  |
|---|--|
| <i>Óleos e Graxas totais</i>  | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>Pesticidas organoclorados/PCB</i>                                  | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>Pesticidas organoclorados/PCB (Bifenilas policloradas)</i>         | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>HAP / Benzo(a) Pireno</i>  | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>HAP (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) / Benzo(a)Pireno</i> | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>Compostos orgânicos voláteis (COV) aromáticos (BTEXE)</i>          | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>COV aromáticos (BTEXE)</i>   | Caracterização Hidro química, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás |
| <i>Alfa e Beta total</i>  | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>Radionuclídeos (U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232 e Ra-228)</i>        | Caracterização Hidroquímica, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás  |
| <i>Tritio</i>   | Caracterização Isotópicas, Avaliação de Qualidade  |
| <i>Isótopos O, H e C</i>  | Caracterização Isotópicas, Avaliação de Qualidade, Avaliação Específica sobre Temática de Gás    |

Tabela 03 - Os ensaios e objetivos realizados nas águas contidas nos oito pontos da área piloto.

### Parâmetros de monitoramento em sedimentos

Os sedimentos têm a capacidade de reter alguns sinais do hidrocarboneto em superfície, sendo útil para identificar prováveis fontes e os locais de exsudações naturais de gases. Eles têm um potencial de acumulação de poluentes por causa da sua mineralogia. Ao analisar os sedimentos torna-se possível realizar panorama prévio de quais elementos já existem naquele ambiente, se já existe algum impacto antrópico ou mesmo sinais de hidrocarbonetos.

Coleta de sedimentos de fundo de rios/córrego e nascentes foram realizados em quatro pontos de coleta e monitoramento. Os parâmetros analisados foram isótopos de U-238, Ra-226, Pb-210 e Ra-228, bem como elementos potencialmente tóxicos (PTE) e teor de matéria orgânica total (via método de Perda por Ignição). Esta análise é fundamental, tendo em vista os casos de exsudações naturais de gases em águas superficiais relatadas já em estudos anteriores para região. As rochas geradoras de gases termogênicos em

grande profundidade, normalmente possuem radionuclídeos associados e, portanto, a intenção das análises é verificar se estes gases umas vezes exsudados trazem consigo estes elementos e se estes por algum motivo ficam adsorvidos aos sedimentos.

### Parâmetros de monitoramento em gases

As coletas de gases foram realizadas em águas superficiais e subterrâneas. As análises realizadas dos gases dissolvidos em águas ou exsudados é medir a concentração natural metano e dióxido de carbono. Elas se tornam importantes no direcionamento de análises complementares de caracterização dos gases como as análises isotópicas de H e C dos gases metano.

Onde haviam exsudações naturais de gases em águas superficiais o frasco era mergulhado e totalmente cheio de água, sendo na sequência, ainda submerso e emborcado, sobreposto aos fluxos de borbulhamentos presenciados, ou seja, com a boca para baixo, as bolhas eram aprisionadas. Ainda com a boca do frasco para baixo, dentro da água, eram então rosqueado e sendo possível aprisionar o gás.

## 5.2 Monitoramento

### *5.2.1 Campanha de Monitoramento Área Piloto*

#### Caderneta de campo

A equipe procurou sempre manter registro de todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por ponto de estação conforme ilustrado na figura 23 de forma a obter informações uteis e não exaustivas.

| ANOTAÇÕES DE CAMPO - PROJETO GASBRAS SECAO MG |          |          |          |  |
|---|----------|----------|----------|--|
| Nome do ponto:                                |          |          | Data:    |  |
| Proprietário:                                 |          |          |          |  |
| Horário:                                      |          |          |          |  |
| Coordenada UTM:                               |          |          |          |  |
|   |          |          |          |  |
| Parametros físico-químico                     | Medida 1 | Medida 2 | Medida 3 |  |
| CE  |          |          |          |  |
| pH  |          |          |          |  |
| ORP   |          |          |          |  |
| Turbidez                                      |          |          |          |  |
| OD  |          |          |          |  |
| Temperatura água                              |          |          |          |  |
| Temperatura ar                                |          |          |          |  |
|   |          |          |          |  |
| Observacoes do Ponto:                         |          |          |          |  |
| :   |          |          |          |  |

Figura 23 - Modelo de caderneta de campo para descrição de informações dos pontos monitorados.

## Aspectos Ambientais Avaliados

### *Recursos Hídricos*

Os pontos de estação selecionados para avaliação/monitoramento de recursos hídricos ficaram representados por nascentes, poços tubulares e rios/córregos (Figuras 24 até 26).

## Nascentes



Figura 24 - Monitoramento em nascentes

## Poços Tubulares



Figura 25 - Monitoramento em Poço Tubular

## Estação de qualidade



Figura 25 - Monitoramento em córregos (estação de qualidade)

## Sedimentos

Os sedimentos passaram ser amostrados para monitoramento nos mesmos pontos de amostragem de águas superficiais, ou seja, em fundo e nas beiras de rios, córregos e nascente (Figura 26).



Figura 26 - Monitoramento de sedimentos de fundo de rio/córrego

## Gases

As coletas para análise de gases foram executadas em águas subterrâneas e superficiais (Figura 27). Onde havia exsudações, procurou-se amostrar o próprio gás para análise quando não possível amostrava-se a água para posteriormente em laboratório avaliar o gás dissolvido.



Figura 27 - Monitoramento de gases metano e dióxido de carbono

## Equipamentos de Campo de monitoramento

A parte de avaliação *in situ* teve que avaliar pH, condutividade elétrica, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e potencial oxi-redox. Para isso fez se necessário levar aparelhos para cada um destes parâmetros e que estão ilustrados nas Figuras 28, 29 e 30.



Figura 28 - Leituras de parâmetros *in situ*



Figura 29 - Filtração de água para análises de elementos dissolvidos



Figura 30 - Armazenamento de amostras de águas e sedimentos em campo para realização de análise laboratoriais

### *5.2.2 Expansão da Rede de Monitoramento*

A campanha de monitoramento de recursos hídricos, sedimento e gases na área piloto foi realizada com sucesso. Diante disso, ampliar a rede de monitoramento para toda área de investigação.

Foram selecionados mais 16 pontos de monitoramento, fechando em 24 pontos de monitoramento por toda área de investigação. Estes novos pontos selecionados precisavam ser checados durante visita de campo, podendo ser confirmados, realocados ou descartados. A Figura 31 apresenta a distribuição preliminar da rede de monitoramento em toda área de investigação, mas que deveria ser chegada e averiguada em campo. Os pontos foram discutidos um a um de forma a contemplar e representar os elementos monitorados nas duas bacias.

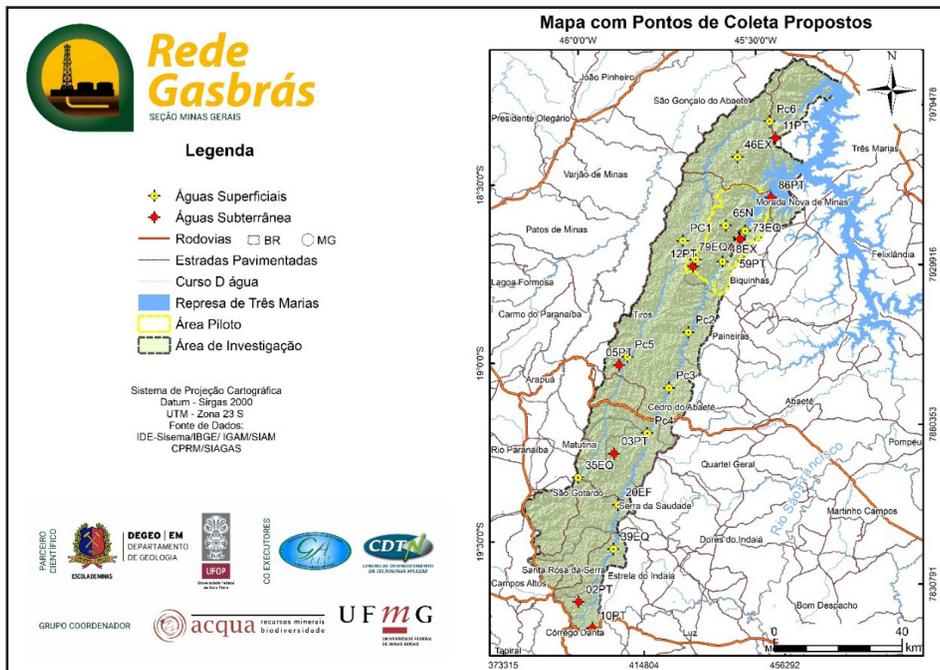


Figura 31 – Mapa preliminar dos pontos para compor a rede de monitoramento.

Nesta etapa de enquadramento dos pontos para compor a rede de monitoramento certos cuidados foram tomados em campo, como:

- 1- Certificar ponto levantado
- 2- Pegar informações dos pontos de monitoramento em especial de poços tubulares e poços escavados. Informações estes referentes aos poços, do proprietário e quanto ao uso da água.
- 3- Marcar pontos de estações de qualidade assim denominados pelo IGAM e/ou ANA em locais marcados ou então nas adjacências delas para que fosse possível monitorar naquele setor específico da bacia.
- 4- Sempre observar questão de logística e acesso ao ponto de estação
- 5- Fazer o registro fotográfico do local
- 6- Obter o contato dos proprietários de poços para que eventuais consultas ou mesmo comunicação de resultados fossem facilitados.

### 5.2.3 Malha Final de Rede de Monitoramento Recursos Hídricos, Sedimentos e Gases

Os pontos que passaram a ser monitorados na esfera de toda área de investigação estão apresentados na Tabela 04 e na Figura 32. Na tabela é possível visualizar os parâmetros monitorados em pelo menos três campanhas de campo para cada ponto.



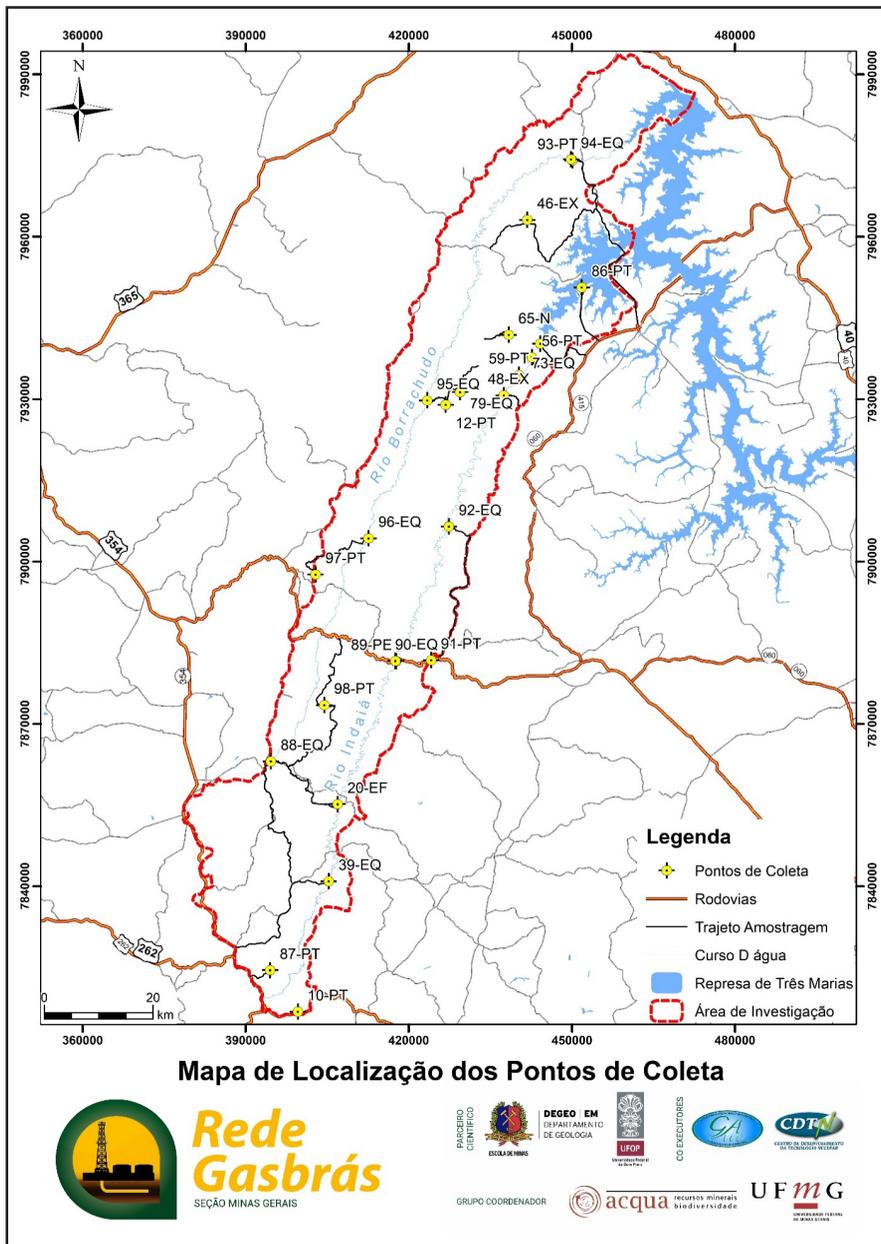


Figura 32 – Mapa com pontos de monitoramentos selecionados

Através desta rede realizou-se duas campanhas completas de monitoramento de parâmetros nos moldes daquelas realizadas no âmbito de área piloto. A equipe então conseguiu replicar sua atuação e seguir os trabalhos na busca de interpretações e resultados para a área de investigação quanto aspectos ambientais em uma área de reserva estratégica para produção de gás não convencional.

## 6I CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A metodologia criada pela rede GASBRAS-MG no contexto da bacia do São Francisco não se faz exclusiva e única, talvez ela galgue um caminho para estudos futuros sobre baselines dentro da temática do gás ou de assuntos correlatos. Sabe-se que o maior problema na escolha de uma metodologia, é selecionar uma que seja fidedigna para determinada área e quanto aos aspectos locais, o que culmina geralmente em carência de solução.

O projeto priorizou trabalhar com um plano de trabalho que resultasse em uma metodologia voltada ao monitoramento ambiental expandido para toda área de investigação - recursos hídricos, sedimentos e gases. Entretanto, é necessário dar continuidade aos trabalhos de monitoramento quanto a fauna e flora, iniciados na escala piloto e que devem ser ampliado a toda a área de investigação, além de reavaliar o monitoramento da área piloto. Este tipo de monitoramento possui diversos objetivos, dentre eles o do diagnóstico para possíveis impactos decorrentes das operações de quaisquer empreendimentos que possam impactar. Além disso, são ferramentas úteis nas respostas quanto aos requisitos de licenciamentos ambientais e de ações de conservação de espécies em áreas protegidas.

Diante dos elementos escolhidos para monitoramentos, e conseqüentemente os seus parâmetros envolvidos, o estudo avalia a grande necessidade de continuidade do monitoramento através das análises apresentadas, visto que o presente trabalho exerceu atividade em um curto intervalo de tempo (menos de 1 ano). O monitoramento contínuo é essencial mesmo que não venha ser instalado uma indústria de gás não convencional na região e, portanto, pode ser útil para avaliações de impactos e aspectos ambientais futuros e concernentes também às outras atividades antrópicas e naturais na região. Ressalta-se que a partir desse tipo de abordagem pode ser que outros elementos ou parâmetros sejam também introduzidos para complementação dos diagnósticos ambientais.

O trabalho ambiental aqui apresentado com foco na indústria de gás não convencional é algo recente no país e por isso ele se torna um guia para outros tipos de trabalhos semelhantes e que possam ser melhorados, tanto dentro do contexto da bacia do São Francisco como em outras bacias com potencial para produção de gás em reservatório não convencional. Por fim, a equipe deste trabalho cogita um projeto que considere uma planta de produção virtual, que envolva temas, discussões e projeções futuras sobre o que pode vir acontecer, ou não, em uma região com potencial para produção de gás. Este projeto torna-se útil ainda nos avanços do entendimento e conceitos de baselines e avaliações/comparações futuras de potenciais impactos da indústria de hidrocarbonetos.

## REFERÊNCIAS

BC OIL & GAS COMMISSION - About Unconventional Gas. Disponível em: [http://www.ogc.gov.bc.ca/documents/publications/Fact%20Sheets/3\\_About%20Unconventional%20Gas.pdf](http://www.ogc.gov.bc.ca/documents/publications/Fact%20Sheets/3_About%20Unconventional%20Gas.pdf). Acessado em abril de 2010.

BOYER C., LEWIS R., & MILLER C. K.. Shale Gas : A Global Resource. *Oilfield Review*, 23, 28–39, 2011.

CTMA; PROMINP - Comitê Temático de Meio Ambiente e Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. Aproveitamento de Hidrocarbonetos Não Convencionais no Brasil. Brasília, 2016. 124 p.

COSTA, Fernando Nogueira. Reserva de Gás Não convencional no Mundo. Disponível em: <https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2013/04/30/extracao-de-gas-do-xisto-no-brasil-risco-ambiental/>. Acesso em 11 de dez de 2020.

EPE. 2015. Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás. Ciclo 2013-2015. Brasília: MME/EPE, 2015, 501 p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-162/topico-2013-2015.pdf>. Acessado em: novembro de 2020.

FOSTER, S. (1987) Fundamental concept in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. Vulnerability of soil and groundwater to pollution Noordwijk, The Netherlands, April.

Guia de Identificação de Pegadas USP e Carvalho Jr, Oswaldo; Luz, Nelton Cavalcante. Belém-PA: EDUFPA, 2008. 64p.;il

HIRATA, R. Gás de folhelho no Estado de São Paulo: ainda não sabemos o suficiente para uma exploração ambientalmente segura. Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBHPP), n. 1, p. 1–5, 2014.

JACKSON, R. E. et al. Groundwater Protection and Unconventional Gas Extraction : The Critical Need for Field-Based Hydrogeological Research. *Groundwater*, v. 51, n. 4, p. 488–510, 2013.

JOHNSON E. G. & JOHNSON L. A.. Hydraulic Fracture Water Usage in Northeast British Columbia : Locations , Volumes and Trends Hydraulic Fracture Water Usage in Northeast British Columbia : Locations , Volumes and Trends. British Columbia Ministry of Energy and Mines, July, 41–63, 2012.

MOE, H; CIURANA, O; BARRETT, P; FOLEY, L; Gaston, L; Olsen, R. 2016. Final Report 1: Baseline characterisation of groundwater, surface water and aquatic ecosystems. Unconventional Gas Exploration and Extration (UGEE) joint Research Programme. Norstein Ireland Environment Agency. p 1-529

REIS, H. L. S. Gás natural. In: Pedrosa-Soares, A. C.; Voll, E.; Cunha, E. C. (Eds.). Recursos Minerais de Minas Gerais. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE). p. 1–39, 2018.

SANTOS, M. M.; MATAI, P. H. L. S. A importância da industrialização do xisto brasileiro frente ao cenário energético mundial. *Revista Escola de Minas*, v. 63, n. 4, p. 673–678, 2010.

U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. International Energy Outlook 2017. Disponível em: . Acesso em: 03 mar. 2020.

VENGOSH, A. et al. A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States. *Environmental Science & Technology*, 2014.

## SOBRE OS AUTORES



**VINÍCIUS GONÇALVES FERREIRA** - Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (2014), Mestre em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais com ênfase em Tecnologia Mineral e Meio Ambiente pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). Ampla experiência em análises hidroquímicas e isotópicas, incluindo datações, sobre amostras de águas e gases. Experiência em processos viáveis de meios adsorptivos e de flotação para o tratamento de efluentes líquidos gerados na produção do grafeno em planta piloto. Atua na área de geologia ambiental com foco em recursos hídricos (avaliação e monitoramento hidrogeológico, hidroquímico e isotópico). Realiza trabalhos de mapeamentos geológicos e hidrogeológicos. Atua em trabalhos voltados a consultorias em geologia ambiental, hidrogeoquímica e responsabilidades técnicas associadas.



**JUSSARA DA SILVA DINIZ LIMA** - Possui graduação em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Newton Paiva (2019) e Técnica de Mineração pela Escola Técnica de Formação Profissional - META (2011). Atuou como Engenheira Ambiental no Projeto Gasbras constituído por uma rede P&D a nível nacional, amparado financeiramente pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projeto), projeto gerenciado financeira e administrada pela FUSP (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo). As atividades realizadas no INCT Acqua/Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).



**GUSTAVO FILEMON COSTA LIMA** - Graduado em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (2016) com período sanduíche na University of South Wales (2014), Técnico em Mineração pela Escola Politécnica de Belo Horizonte (2018), mestre em Geologia Econômica e Aplicada pela Universidade Federal de Minas Gerais (2020) e Doutorando em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear. Possui experiência nas áreas de Geologia e Geoquímica Ambiental, técnicas laboratoriais aplicadas a amostras geológicas, Mapeamento Geológico, Geoprocessamento, Hidrologia, Hidrogeologia e Hidrocarbonetos não convencionais. Atualmente trabalha como Coordenador de Laboratórios do Departamento de Engenharia de Transportes no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).



**JOYCE CASTRO DE MENEZES DUARTE** - Mestre em Ciência e Tecnologia das Radiações Minerais e Materiais pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e graduada em Química Tecnológica pelo CEFET-MG. Atuou como Pesquisadora Química junto ao Projeto GASBRAS de 2020 a 2021 colaborando com pesquisas no âmbito geológico, e de Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM). Bolsista de pesquisa CNPQ no Laboratório de Trítio Ambiental do CDTN de 2017 a 2019. Experiência com processos laboratoriais em amostras de água e rocha, análises instrumentais como GCMS e Espectrometria por Cintilação Líquida e vivência com Gestão da Qualidade ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

# Metodologia Aplicada a Estudos Socioambientais em Reservas Estratégicas de Hidrocarbonetos Não Convencionais nas Regiões dos Rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco



-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  @arenaeditora
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



**Rede Gasbrás**  
SEÇÃO MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO  
CIENTÍFICA



DEGE | EM  
DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA



CO EXECUTORES



CDTN  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO  
DA TECNOLOGIA NUCLEAR

GRUPO  
COORDENADOR



acqua recursos minerais  
biodiversidade

UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

# Metodologia Aplicada a Estudos Socioambientais em Reservas Estratégicas de Hidrocarbonetos Não Convencionais nas Regiões dos Rios Indaiá e Borrachudo - Bacia do São Francisco



-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  @arenaeditora
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



**Rede Gasbrás**  
SEÇÃO MINAS GERAIS

COLABORAÇÃO  
CIENTÍFICA



DEGEO | EM  
DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA



CO EXECUTORES



CDT  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO  
EM TECNOLOGIA PARA MINAS GERAIS

GRUPO  
COORDENADOR



acqua recursos minerais  
biodiversidade

UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS