



# 6ª Sesión Comisión del Sistema Acuífero Guaraní

## Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca y riesgo de contaminación del Sistema Acuífero Guaraní en áreas de recarga en Uruguay

FMV\_1\_2019\_1\_155736: Investigación Aplicada Fondo María Viñas – 2019 - ANII

**Octubre 2020**

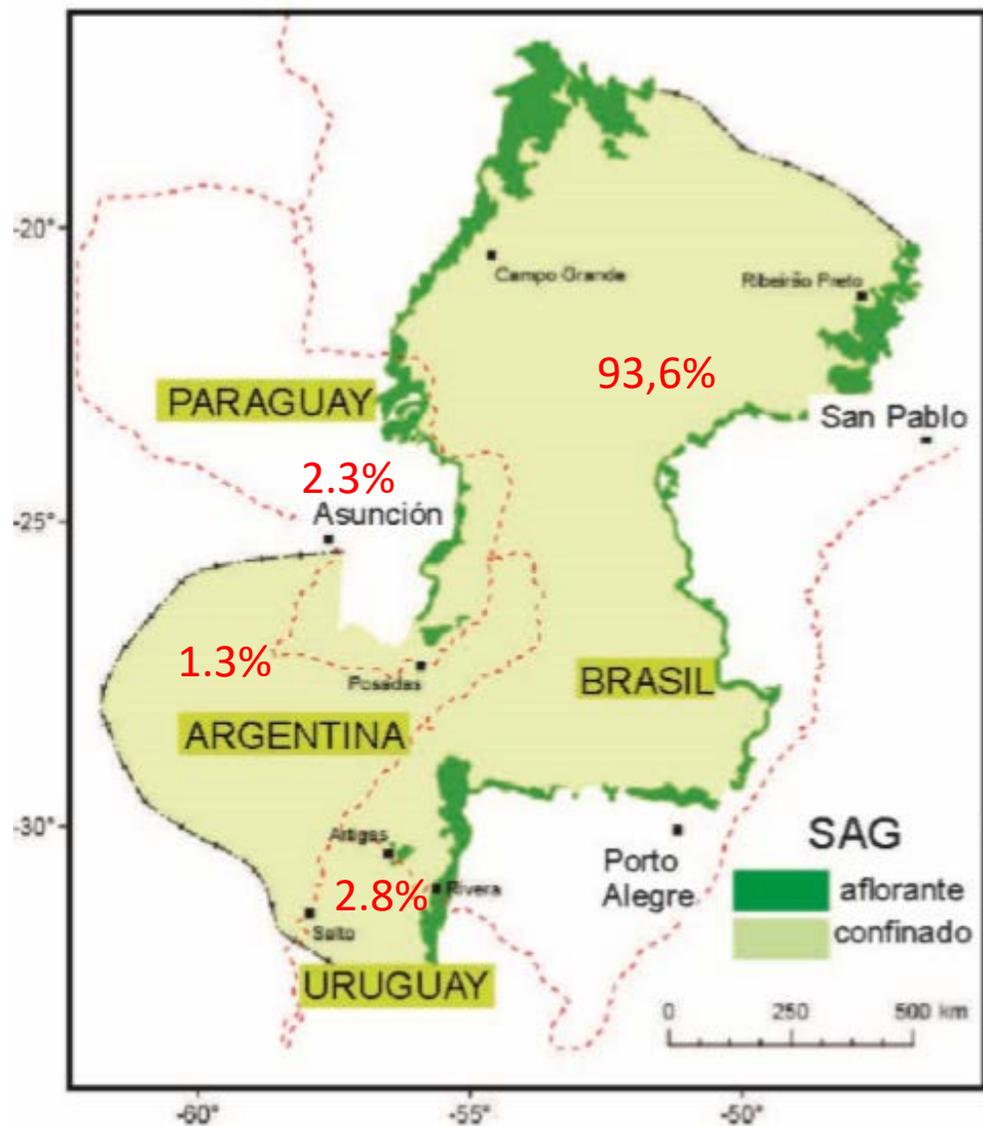
**Alberto Manganelli**  
Centro Regional para la Gestión de Aguas  
Subterráneas en América Latina y el Caribe  
(CeReGAS)

## SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) es un cuerpo hídrico subterráneo y transfronterizo localizado en la región occidental del continente Sudamericano que se extiende entre los paralelos 16°S y 32°S y los meridianos 47°W y 60°W, y ocupa un área total de 1.087.879,5 km<sup>2</sup> (Gastmans et al., 2012).

Sus recursos hídricos son compartidos por una población estimada en más de 90 millones en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

El SAG está definido como el conjunto de rocas sedimentarias mesozoicas continentales clásticas que están presentes en las cuencas del Paraná y Chacoparanaense. Corresponde a los acuíferos conocidos en el pasado en cada país como Botucatú, Tacuarembó y Misiones de acuerdo a las unidades estratigráficas que lo componen.



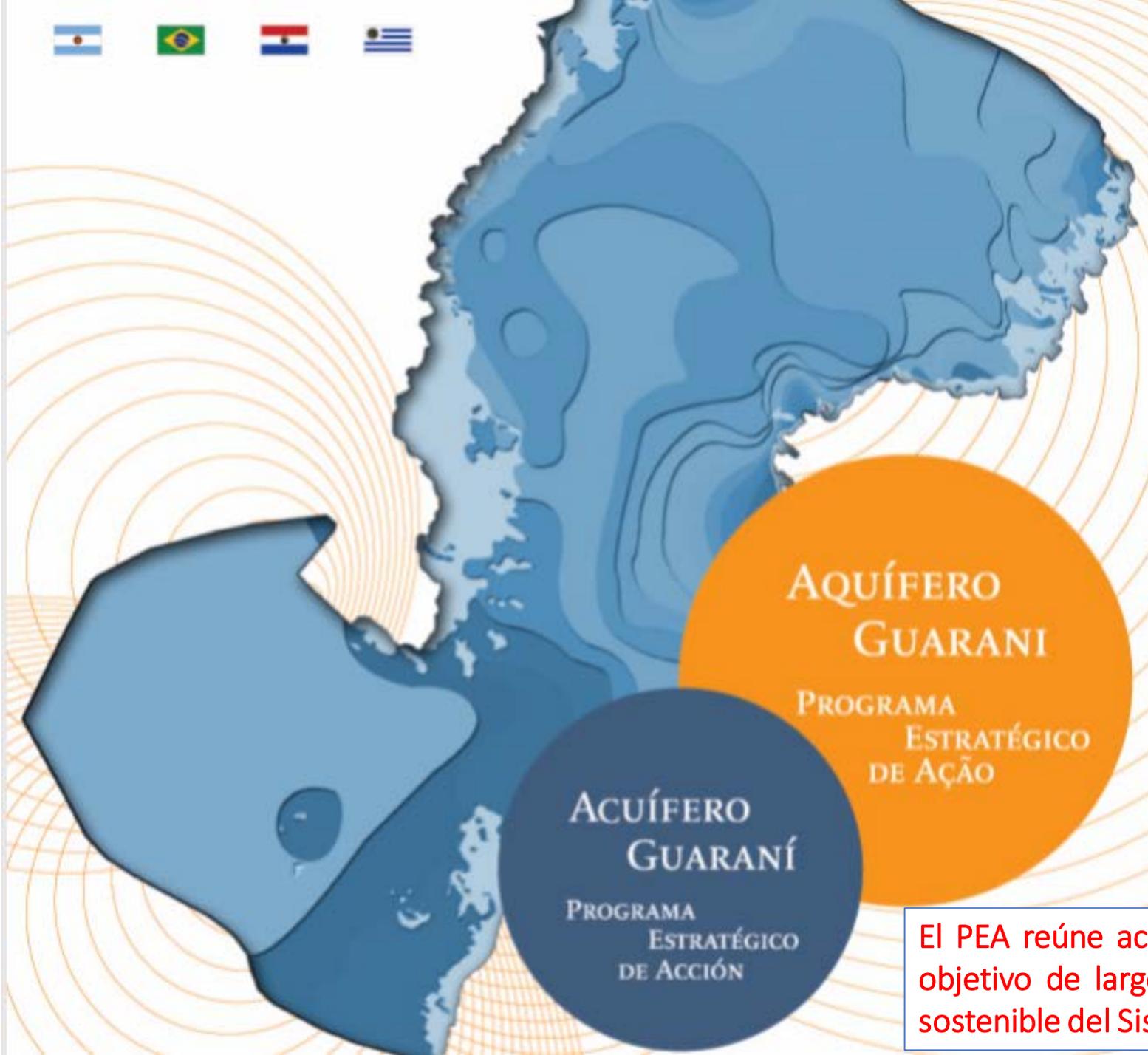
1.087.879,5 km<sup>2</sup> - área del SAG



36.171 km<sup>2</sup> - área del SAG

# Antecedentes

El avance en el conocimiento sobre la naturaleza del SAG fue importante en las últimas décadas. El PSAG propició, a nivel regional, una exhaustiva recopilación de antecedentes y generó un volumen importante de datos que permitieron precisar aspectos fundamentales sobre su constitución, comportamiento hidrodinámico e hidroquímico (ver documentos técnicos del PSAG, [www.ceregas.org](http://www.ceregas.org)).



El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG) marcó un hito relevante en el conocimiento científico y técnico del SAG. Fue llevado adelante por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, financiado por Global Environment Facility (GEF) y ejecutado por la Organización de los Estados Americanos (OEA) con la implementación del Banco Mundial (BM).

Programa Estratégico de Acción (PEA) con el objetivo de suministrar un marco de gestión para el manejo sostenible del SAG en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. El PEA definió las líneas de acciones más convenientes y adecuadas a ser ejecutadas en cada país, así como también, aquellas que requieren de la cooperación entre los cuatro países.

El PEA reúne acciones estratégicas de corto y mediano plazo y su objetivo de largo plazo es implementar una gestión coordinada y sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG).

# Antecedentes

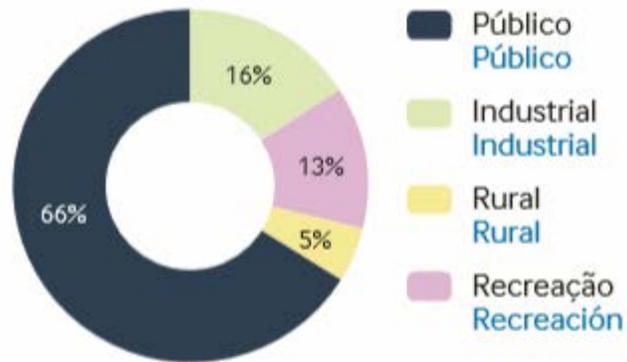
Otros antecedentes sobre diversos aspectos del SAG en Uruguay, referidos en particular al área de recarga, son, entre otros, Montaña & Pessi (1988), Montaña et al. (1998), Pérez et al. (2000), Oleaga (2002), Pérez & Rocha (2002), Montaña (2003), Heinzen et al. (2003), Collazo (2006), Gómez (2007), Gagliardi (2008), Rodríguez et al. (2008), Sapriza et al. (2011), Gamazo et al. (2015), Techera et al. (2017), Veroslavsky & Manganelli (2018). (ver [www.ceregas.org](http://www.ceregas.org))

## AREA DE AFLORAMIENTO DEL SAG

- Las áreas de afloramiento pueden actuar como zonas de recarga o descarga. En áreas de descarga regional es posible tener también recargas locales. Existe interacción entre las aguas subterráneas y superficiales y generalmente los flujos de base de los ríos y otros cuerpos de agua equivalen a las descargas generadas a partir del SAG.
- En áreas de afloramiento, el acuífero es de tipo libre a semiconfinado y el origen del agua de recarga es principalmente la precipitación. Son aguas jóvenes de circulación rápida, generalmente potables y de composición tipo I: bicarbonatadas cálcicas y secundariamente bicarbonatadas cálcico-magnesianas y cálcico-sódicas.

## VULNERABILIDAD INTRINSECA Y RIESGO A LA CONTAMINACIÓN CONCEPTO

- La **vulnerabilidad natural o intrínseca** de un acuífero representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta (Foster & Hirata, 1991);
- El **riesgo a la contaminación** establece el peligro de deterioro de la calidad de un acuífero por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno (Foster, 1987).



## USOS DEL SAG

- Las aguas subterráneas del SAG se usan para abastecimiento público de diversas localidades (p. ej.: Rivera, Tranqueras, Artigas), consumo humano de poblaciones rurales dispersas, actividades agropecuarias de abrevado de ganado y riego, abastecimiento de complejos termales, y, en menor escala, para uso industrial.

## PROBLEMAS Y CONFLICTOS AREA DE RECARGA

El principal conflicto de gestión del agua subterránea en áreas de recarga se relaciona con su vulnerabilidad a la contaminación antrópica y el potencial incremento de elementos no deseados derivados de la infiltración directa de aguas contaminadas.

Adicionalmente, la elevada concentración de pozos en el área, sumado a que varios de estos pozos no están registrados en las bases de datos de los organismos gestores, provoca un desconocimiento del volumen real extraído del acuífero

Algunas actividades que potencialmente pueden afectar la calidad natural de sus aguas son: la urbanización y disposición de aguas residuales urbanas domésticas; los proyectos industriales que involucren el almacenamiento y manejos de productos químicos peligrosos, elementos asociados al tratamiento de efluentes y la disposición final de residuos sólidos; y la intensificación de la agricultura y la forestación.

**FMV\_1\_2019\_1\_155736: Investigación Aplicada Fondo María Viñas – 2019 - ANII**  
**Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca y riesgo de contaminación del Sistema  
Acuífero Guaraní en áreas de recarga en Uruguay**

Equipo de trabajo:

Arteaga, Johny

Aubet, Natalie (co-responsable)

Castro, Saulo

Gastmans, Didier

Hill, Mariana

Manganelli, Alberto

Pochintesta, Lautaro

Samaniego, Lucía

Soto, Matías

Veroslavsky, Gerardo (responsable)

Caracterizar el medio físico donde afloran las unidades geológicas que forman el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) en Uruguay con el objetivo de analizar la vulnerabilidad intrínseca y riesgo de contaminación de sus áreas de recarga.

Generar la base técnica necesaria para definir criterios de uso y protección que sirvan como guía para su explotación sostenible

Basa sus acciones en las recomendaciones del Programa Estratégico de Acción (PEA), documento elaborado en el marco del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG).

Los resultados esperados tendrán aplicación directa sobre temas de alta sensibilidad ambiental, social y política de los departamentos de Tacuarembó, Rivera, Artigas y áreas transfronterizas del SAG.

Contribuirá con herramientas y lineamientos que proporcionarán, a las instituciones gestoras y usuarios del agua subterránea, elementos para la gobernanza sostenible del SAG, la protección del recurso y la planificación territorial regional

**FMV\_1\_2019\_1\_155736: Investigación Aplicada Fondo María Viñas – 2019 - ANII**  
**Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca y riesgo de contaminación del Sistema**  
**Acuífero Guaraní en áreas de recarga en Uruguay**

PRODUCTOS DEL PROYECTO

**Afloramientos del SAG**

Mapa geológico 1:100.000  
Mapa unidades paisaje 1:100.000  
Mapa de uso del suelo 1:100.000  
Mapa hidrogeológico 1:100.000  
Mapa de vulnerabilidad 1:100.000  
Mapa de riesgo a la contaminación 1:100.000

**SAG en áreas piloto: Rivera, Tacuarembó, Artigas**

Mapa geológico de afloramientos SAG 1:50.000  
Mapa unidades paisaje 1:50.000  
Mapa de uso del suelo 1:50.000  
Mapa hidrogeológico 1: 50.000  
Mapa de vulnerabilidad 1:50.000  
Mapa de riesgo a la contaminación 1:50.000

Calidad de Agua

Guía de recomendaciones de buenas prácticas de uso del SAG

SAG \_SIG \_WEB

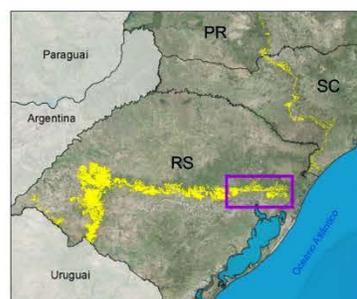
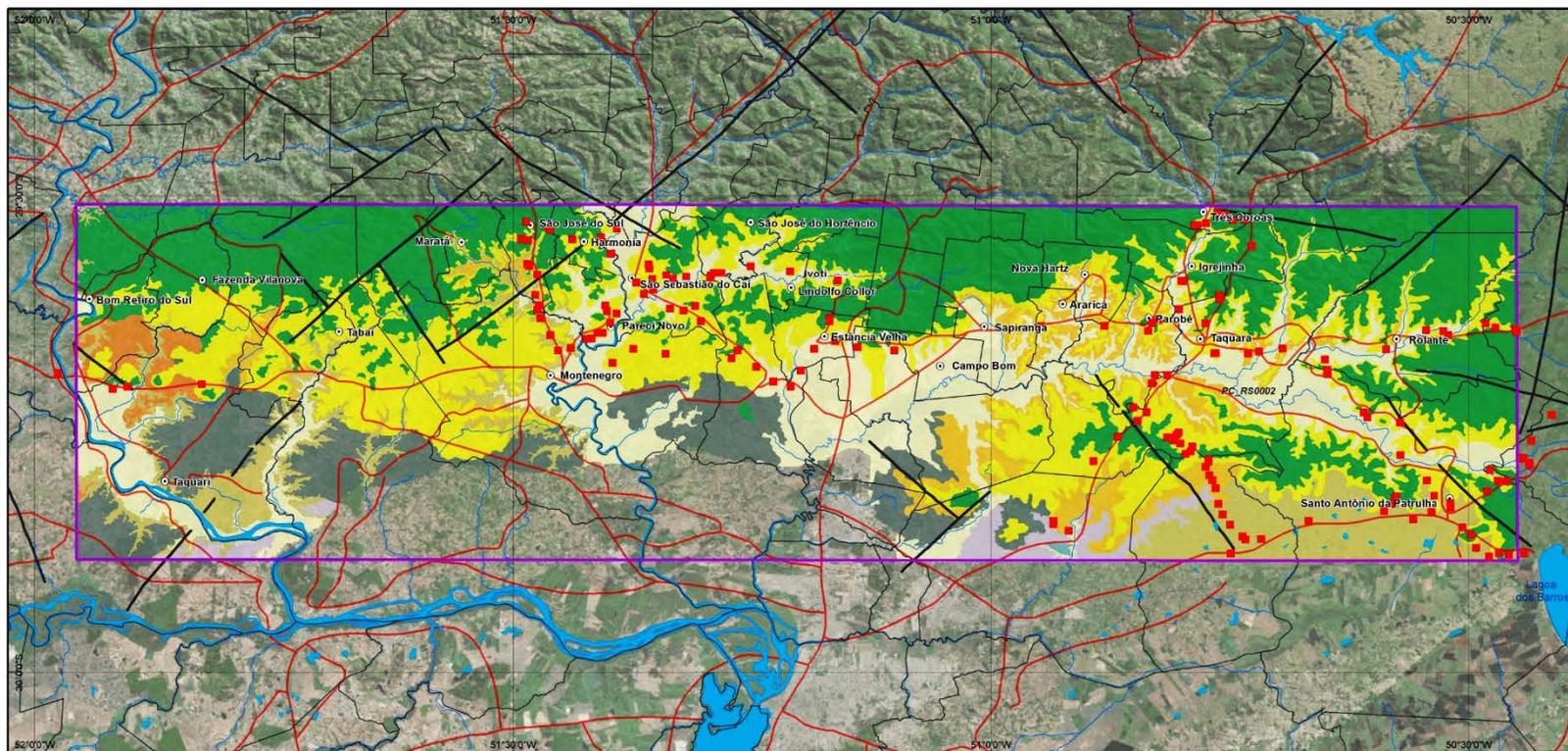
Informe final de proyecto

## EJEMPLOS DE LOS PRODUCTOS

El Plan Estratégico de Acción (PEA) es el documento oficial que sintetiza la ejecución de propuestas elaboradas durante la ejecución del PSAG. Establece como una de las acciones prioritarias para consagrar el uso sostenible del recurso, avanzar en el estudio y la protección ambiental de las áreas de recarga del acuífero,

El Estado de São Paulo, área aflorante del SAG 15.000 km<sup>2</sup>, fue pionero en adoptar acciones específicas sobre la gestión en su área de recarga. Ejecutó el proyecto **“Diagnóstico Ambiental para Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquifero Guarani no Estado de São Paulo”** (Albuquerque et al., 2012).

Replicado por la **Agencia Nacional de Aguas del Brasil (ANA)** en un programa similar de evaluación integral del SAG en áreas de recarga en los otros siete estados de la región Centro – Sur de Brasil donde aflora el SAG



Localização da área-piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massas d'água
- Rodovias
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS

**Geologia**

- Pontos de Controle de Afloramento
- Lineamentos

**Litoestratigrafia**

- Depósitos aluvionares
- Coberturas Indiferenciadas
- Formação Serra Geral
- Formação Botucatu
- Formação Pirambóia
- Formação Santa Maria
- Formação Sanga do Cabral
- Formação Rio do Rasto
- Formação Estrada Nova/ Corumbataí

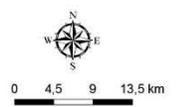
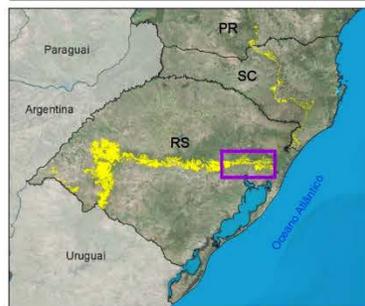
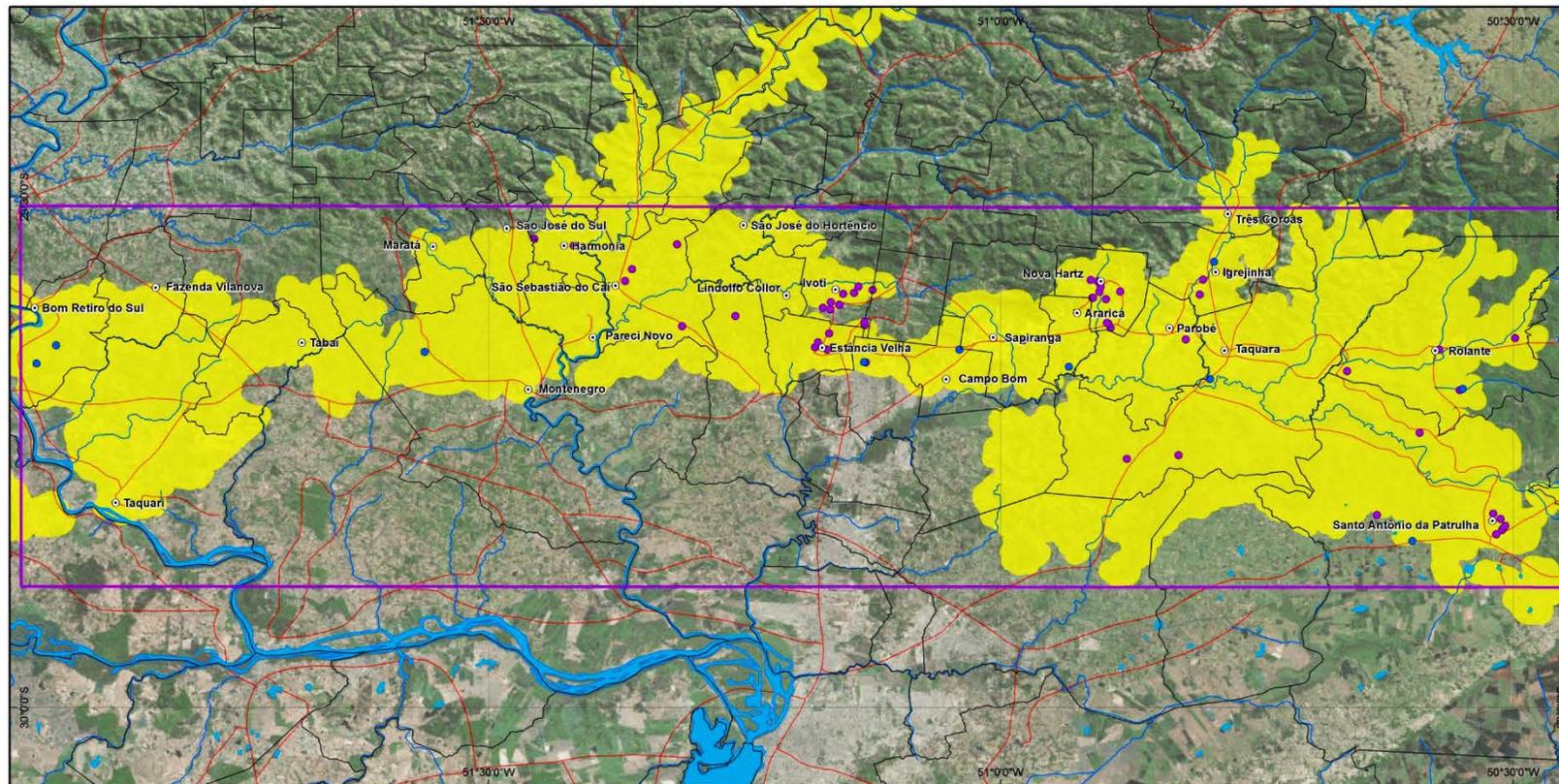


Figura 1.22 – Mapa geológico da área piloto de São Sebastião do Cai.



Localização da área piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massas d'água
- Rodovias
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS
- Afloramento do SAG (Buffer de 1Km)

**Poços**

- Poços Novos (10)
- Poços Preexistentes Validados (52)

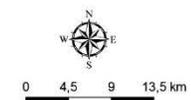


Figura 1.25 - Poços preexistentes e poços novos cadastrados no projeto.

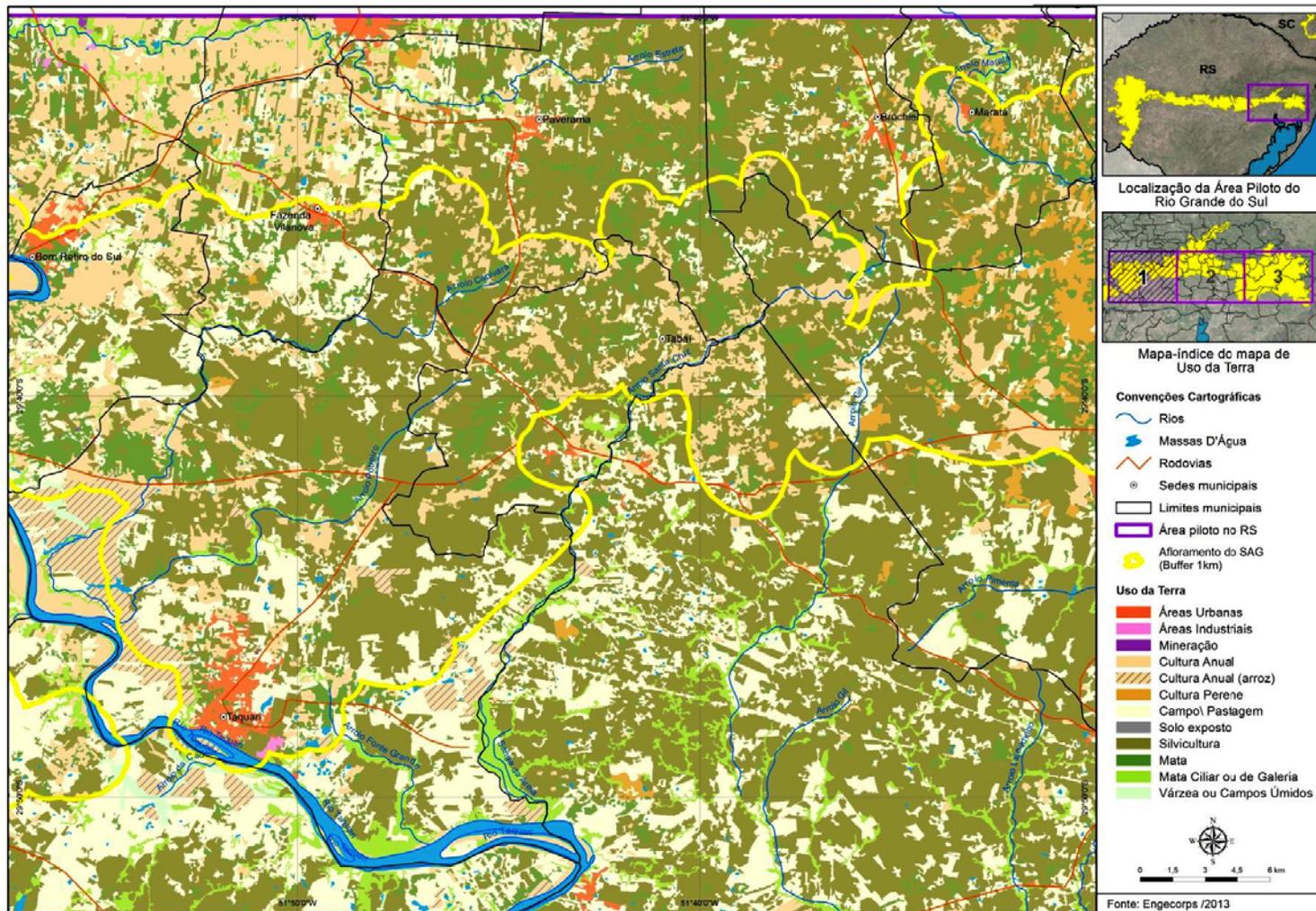


Figura 1.28 – Mapa de uso e ocupação da terra da Área Piloto de São Sebastião do Caí - Folha 1/3.

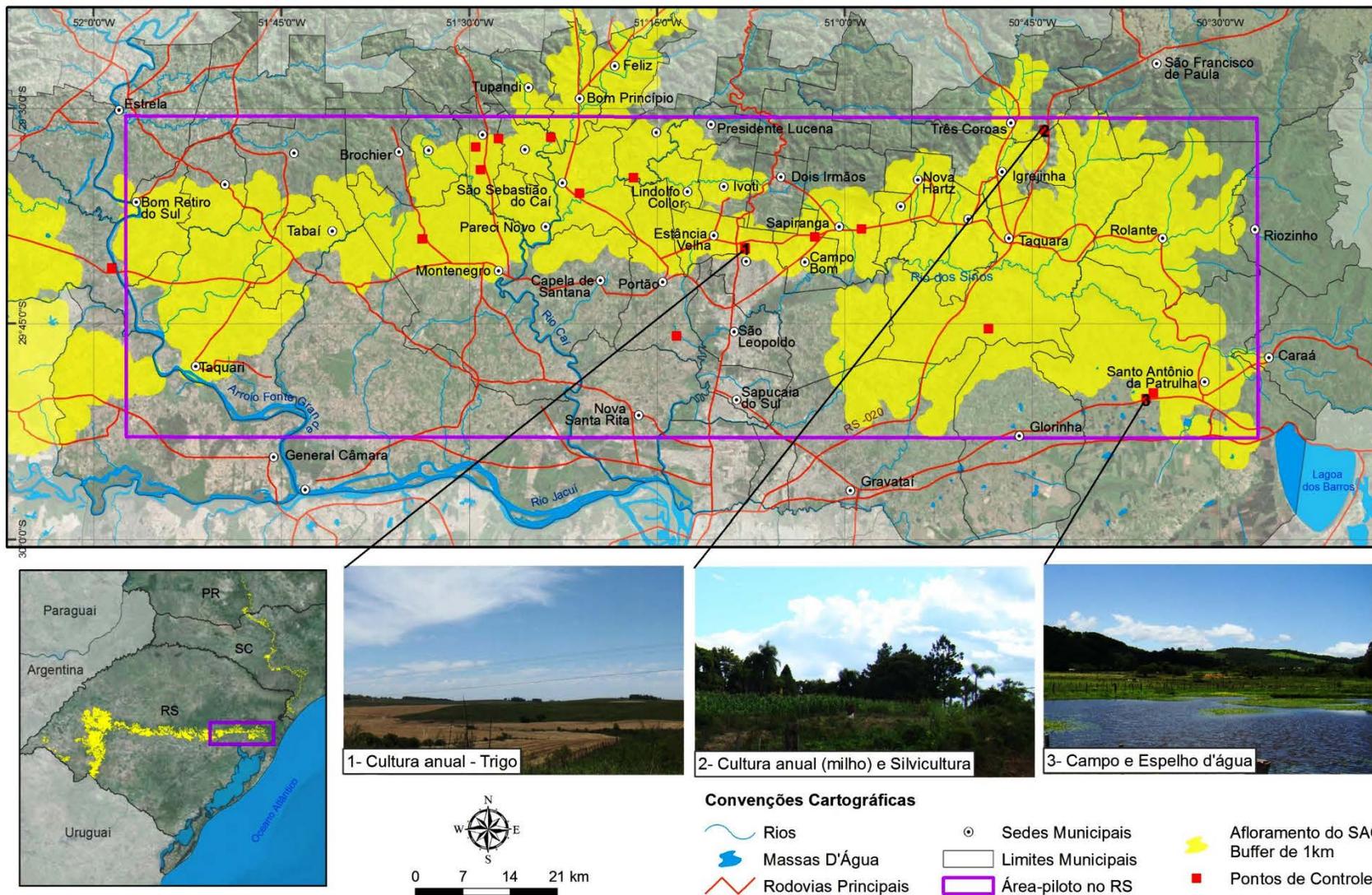
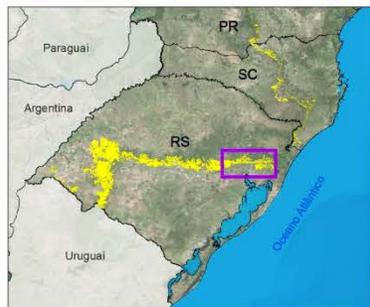
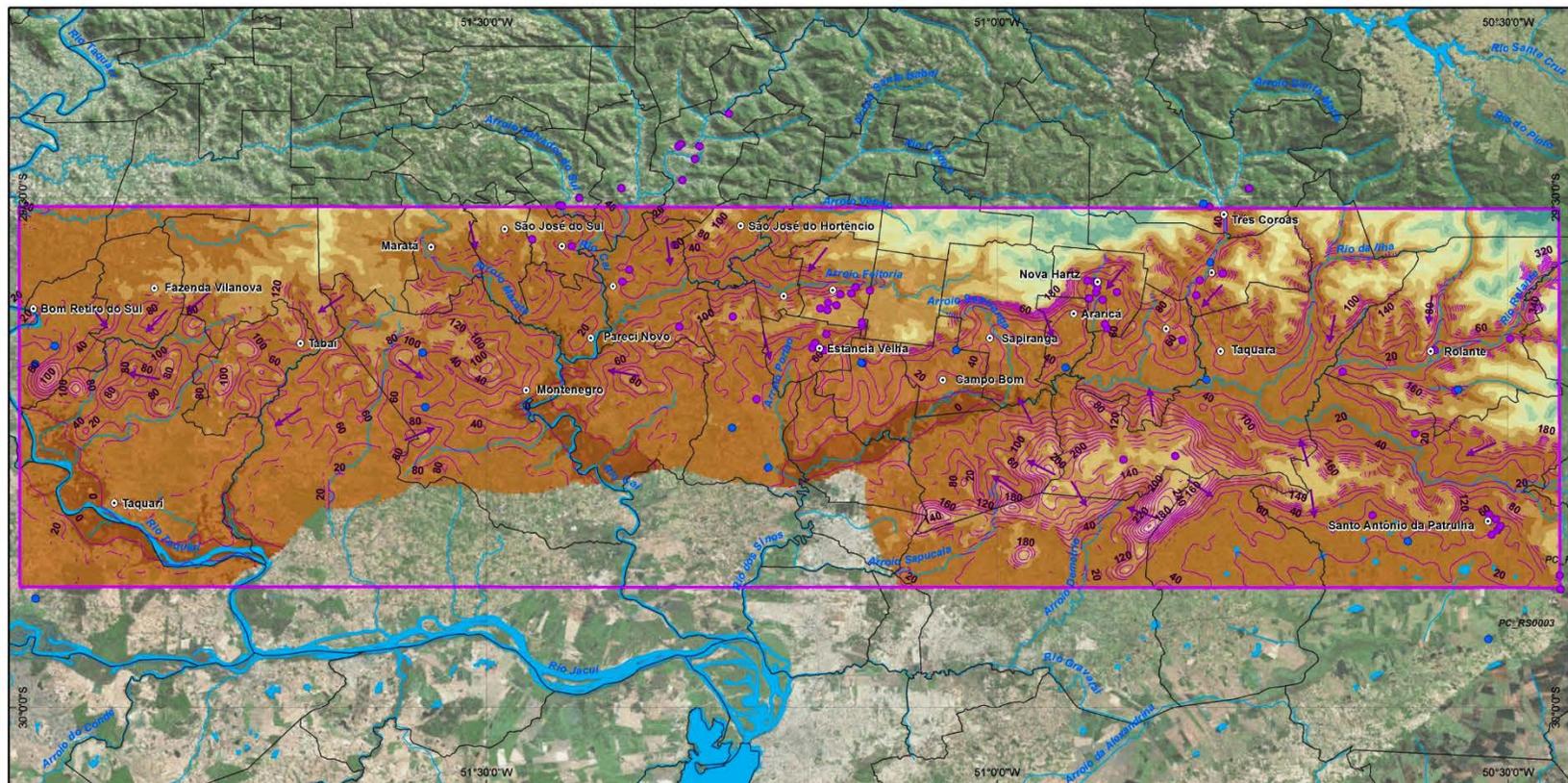


Figura 1.27 – Localização dos pontos de apoio de campo para a área piloto de São Sebastião do Cai.



Localização da área-piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massas d'água
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS

**Hidrogeologia**

- Potenciometria
- Direção de fluxo subterrâneo
- Poços Preexistentes Validados
- Poços Novos

**Carga Hidráulica (m)**

- 0
- 0,1 - 100
- 100,1 - 200
- 200,1 - 300
- 300,1 - 400
- 400,1 - 500
- 500,1 - 600
- 600,1 - 700
- 700,1 - 800
- > 800,1

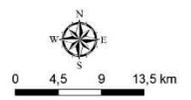
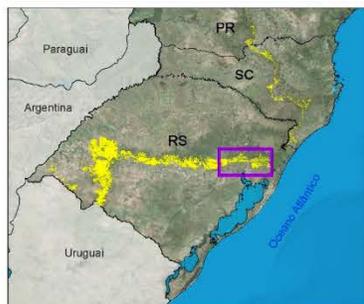
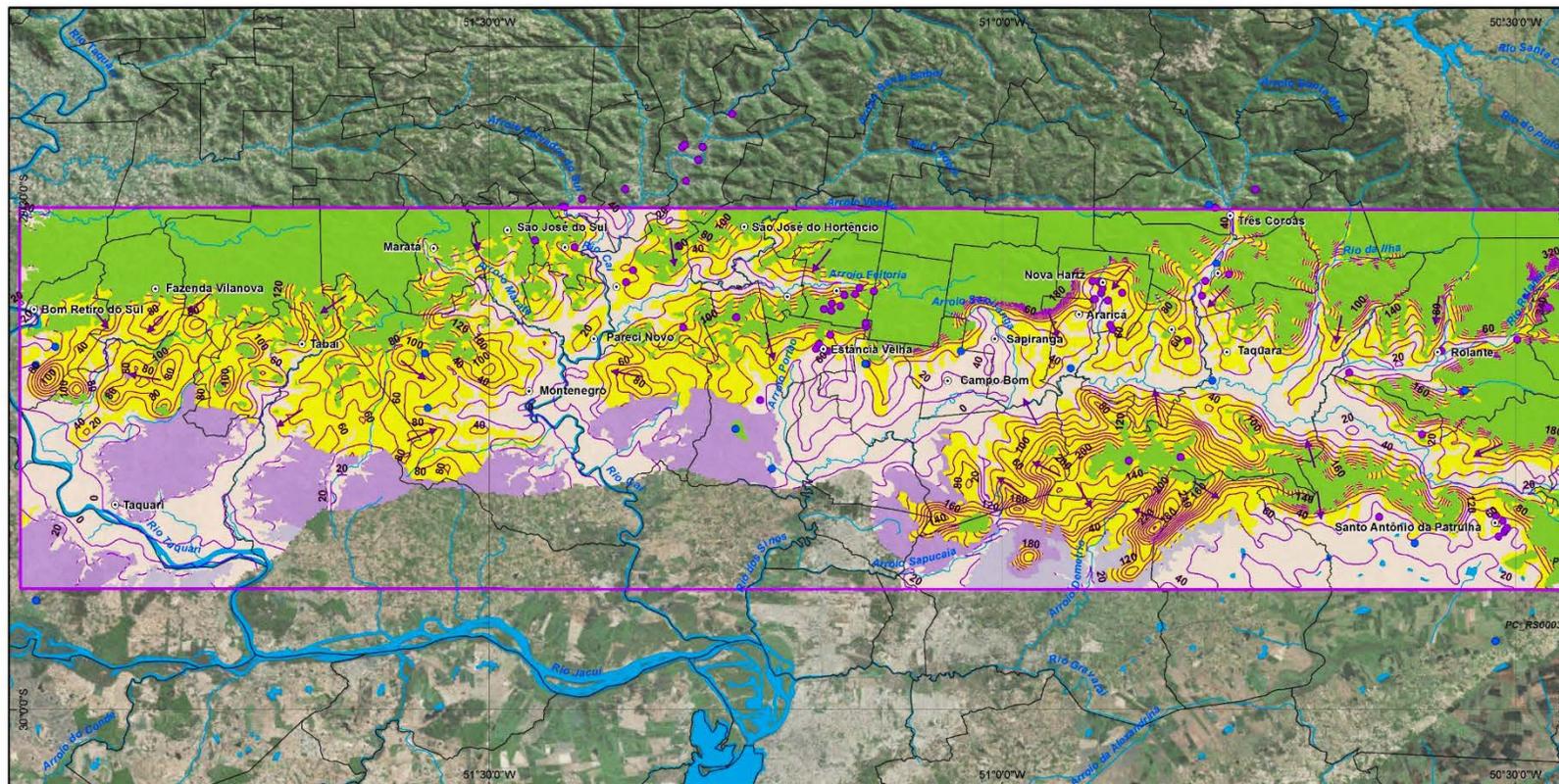


Figura 1.56 – Mapa potenciométrico do SAG na área piloto de São Sebastião do Caí.



Localização da área-piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massa d'água
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS

**Hidrogeologia**

- Potenciometria
- Direção de fluxo subterrâneo
- Poços Preexistentes Validados
- Poços Novos

**Unidades Hidrogeológicas**

- Sistema Aquífero Colúvio-Aluvionar
- Sistema Aquífero Serra Geral
- Sistema Aquífero Guarani
- Aquífero Sanga do Cabral
- Aquífero de Passa Dois

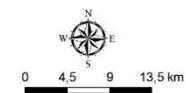
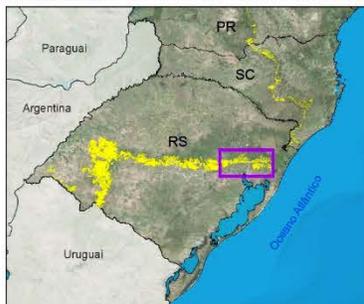
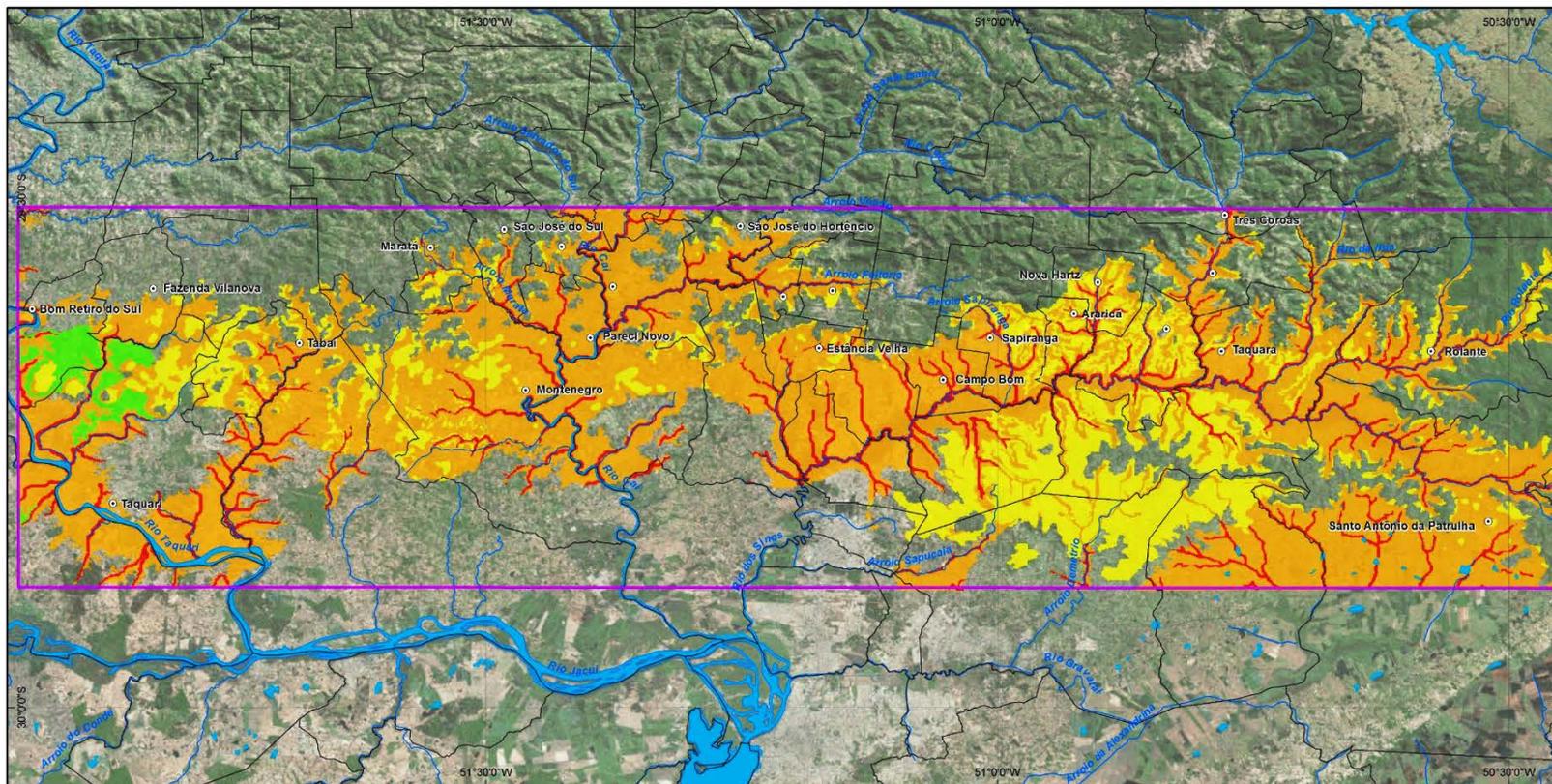


Figura 1.57 – Mapa hidrogeológico do SAG na área piloto de São Sebastião do Caí.

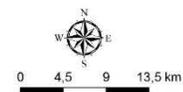


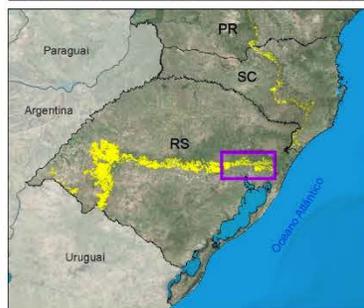
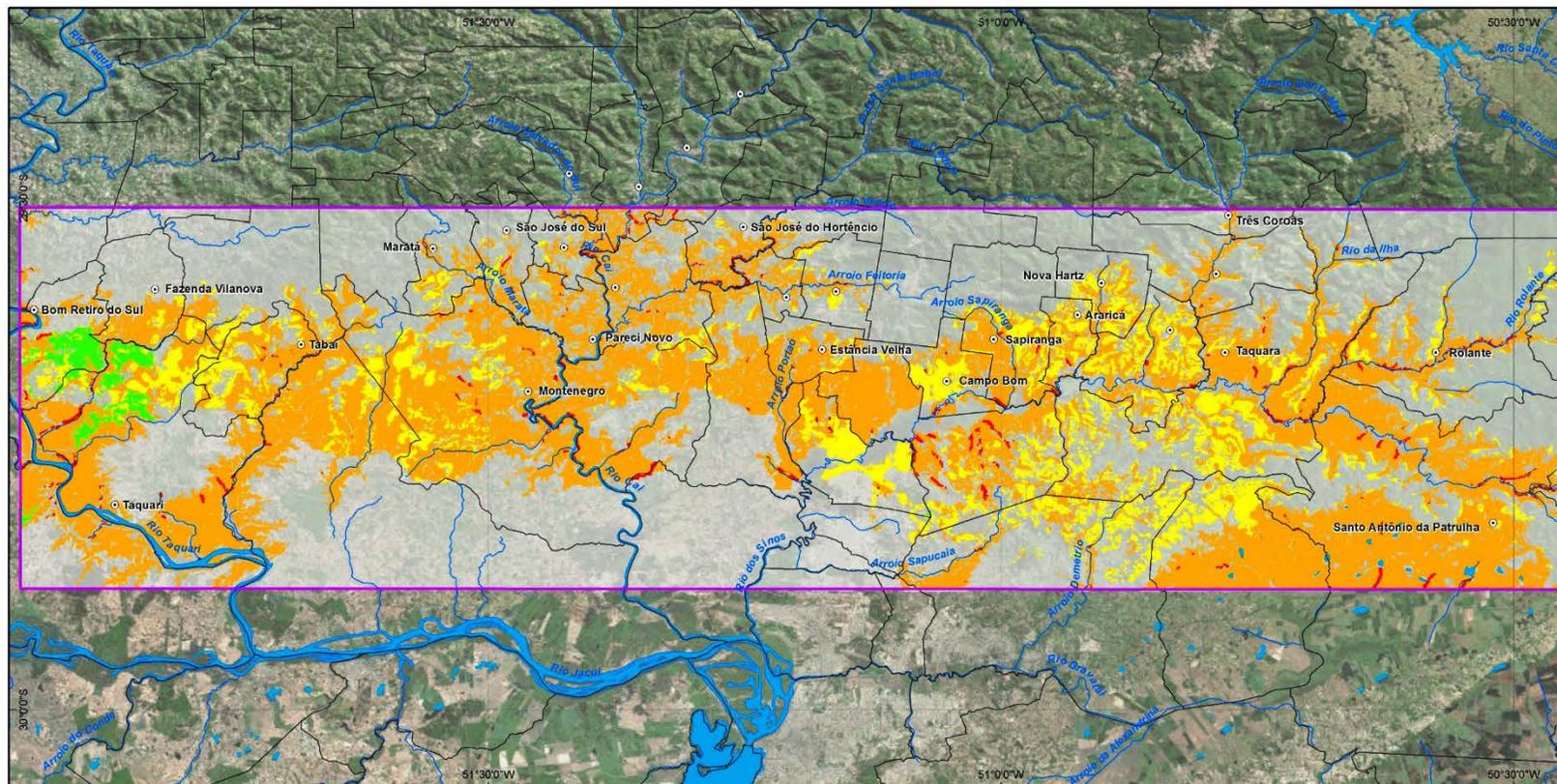
Localização da área-piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massas d'água
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS

**Índice de Vulnerabilidade Natural (Método GOD)**





Localização da área-piloto no estado do Rio Grande do Sul

**Convenções cartográficas**

- Rios
- Massas d'água
- Sedes Municipais
- Limites Municipais
- Área piloto no RS

**Classificação dos Perigos de Contaminação**

- Baixo
- Moderado
- Alto
- Extremo
- Sem classificação

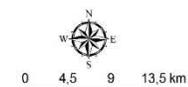


Figura 1.62 – Mapa de perigo de contaminação do SAG aflorante na área piloto de São Sebastião do Caí, por fontes difusas.