



PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS

Contrato CODEMGE – FUNDEP 2018

05/07/2018



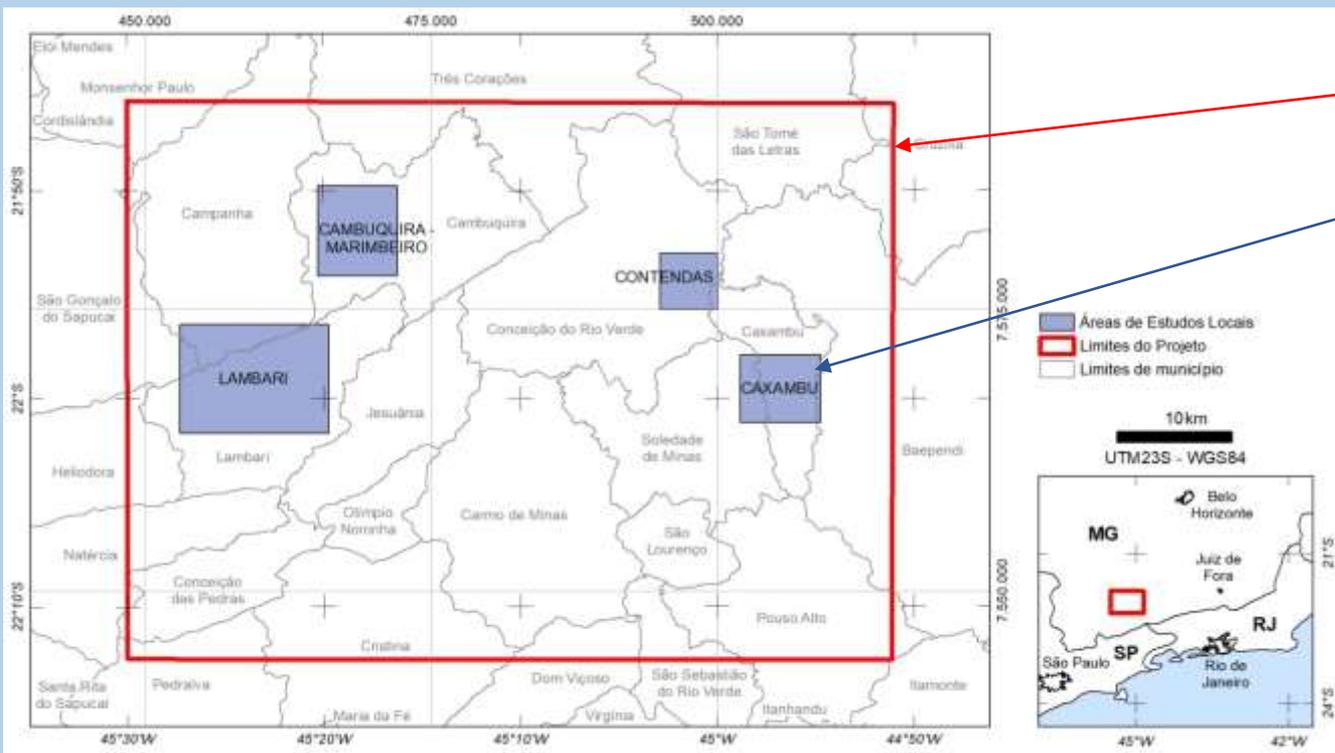
Fundação de
Desenvolvimento
da Pesquisa



Parceria com o conhecimento.

OBJETIVO DO PROJETO

Pesquisa científica para estudos geológicos, geofísicos, hidrogeológicos e ambientais para entendimento dos condicionantes naturais e origem das águas das estâncias hidrominerais dos municípios de Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cambuquira e Lambari.



Abordagem regional

Área de estudo local (AEL)

EQUIPE:

22 pesquisadores

da UFMG, UFOP,

USP, UERJ, ON

E UNESP

6 PhD

12 MSc

1 Consultor

4 Técnicos

- Antônio Carlos Pedrosa Soares (PhD, coordenador geral)
- Adriana Jeber (MSc, coordenadora executiva, hidrogeologia, meio ambiente)
- Fernando Alkmim: (PhD, coordenador estudos geológicos)
- Paulo Scudino (MSc, coordenador estudos hidrogeológicos)
- Eliane Voll (MSc, coordenadora do geoprocessamento)
- João César do Carmo (Consultor em Hidrogeologia do Circuito das Águas)
- André Profeta (MSc, socioeconomia, sensoriamento remoto, geoprocessamento)
- Ângelo dos Santos (MSc, geologia e hidrogeologia)
- Carolina Deluca (MSc, geologia e hidrogeologia)
- Emanuelle La Terra (PhD, geofísica)
- Fabrício Caxito (PhD, geologia, hidrogeologia)
- Joana Cruz (MSc, hidrologia)
- Karin Voll (MSc, hidroquímica, geoquímica isotópica)
- Marcelo Reis (MSc, estudo dos gases)
- Miguel Tupinambá (PhD, geologia e hidrogeologia)
- Paula Serrano (MSc, geologia e hidrogeologia)
- Raíssa Santiago (MSc, geologia e hidrogeologia)
- Veridiana Martins (PhD, hidroquímica e geoquímica isotópica)
- Valdir Rufino: (MSc, geoprocessamento, geofísica)
- Técnicos em geofísica

SITUAÇÃO GERAL DO CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

INÍCIO DO PROJETO: Janeiro de 2018

ETAPAS PAGAS: Janeiro (Mobilização, 20%), **Fevereiro** (Bases, 25%) **e Junho** (Geologia, 25%)

ETAPAS ATRASADAS: Nenhuma

PRÓXIMA ENTREGA DE RESULTADOS: Setembro / 2018

ENTREGA FINAL DO PROJETO PARA LANÇAMENTO: 12 / 12 / 2018

ROTEIRO METODOLÓGICO DO PROJETO

PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS – CODEMGE 2018

Geologia

Mapeamento litoestrutural, Estudos da Mineralogia, Petrografia, Geoquímica isotópica (Sr)

Definir: Arquitetura litoestrutural; Potenciais aquíferos; Herança isotópica

Geomorfologia

Sensoriamento remoto, Mapeamento de campo dos depósitos superficiais

Definir: Relevo, Solos, Erosão, Potenciais controles de águas

Geofísica

Aerogeofísica, MT terrestre AMT terrestre Tomografia R.E.

Definir: Arquitetura aquíferos; Controle da migração das águas

Hidrologia

Caracterização hidrológicas das sub-bacias

Definir: Hidrografia, Regime hidrico

Hidrogeologia

Mapeamento hidrogeológico

Definir: Unidades hidrogeológicas; Tipos de aquíferos, Fluxo subterrâneo, Fontes, Áreas de recarga e descarga, e seus controles

Estudo das águas

Fontes, Composição, Assinaturas isotópicas

Definir: Meio gerador, Meio armazenador, Processo genético

Socioeconomia

Levantamentos: Uso e ocupação do solo, Usos das águas, Potencias fontes de contaminação; Legislação pertinente; Planos Diretores

Definir: Riscos, Monitoramento, Medidas imediatas, Recomendações

Geoprocessamento

Preparação das bases cartográficas, Criação da plataforma digital

Inserção de conteúdo na plataforma, Layout final

PLATAFORMA DIGITAL SIGA – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS DO CIRCUITO DAS ÁGUAS

RESULTADOS DO PROJETO

SIGA CIRCUITO DAS ÁGUAS

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOAMBIENTAIS DO CIRCUITO DAS ÁGUAS

Bases Regionais

- Mapa topográfico integrado
- Imagens de satellite
- Modelo digital de elevação
- Imagem relevo sombreado
- Carta de declividade
- Mapa geológico compilado
- Mapas aerogeofísicos
- Mapa estrutural

Bases das sub-bacias

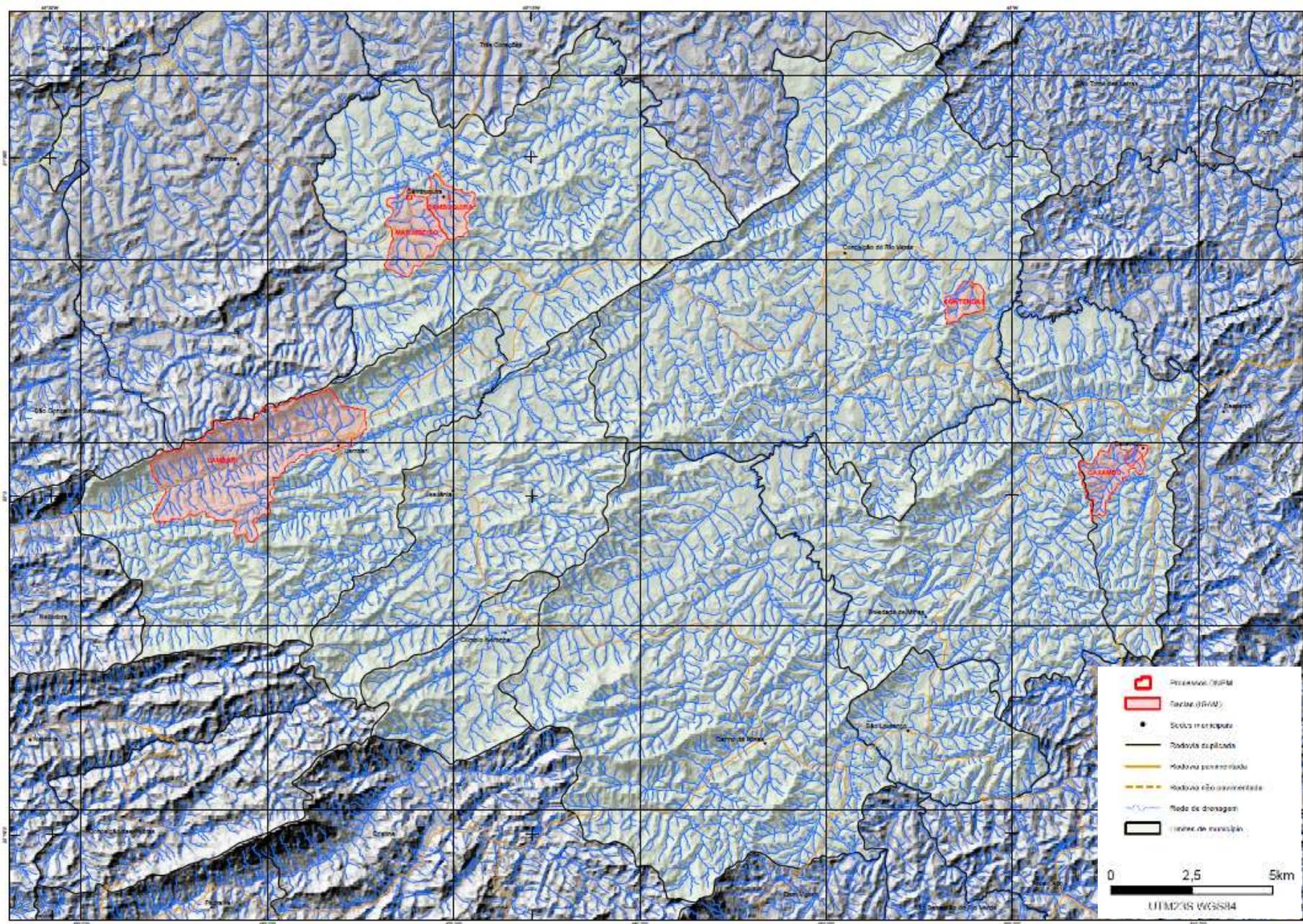
- Mapa topográfico
- Imagens de satellite e/ou aerofotos
- Modelo digital de elevação
- Imagem relevo sombreado
- Carta de declividade
- Mapa litoestrutural
- Mapa hidrogeológico
- Mapa estrutural

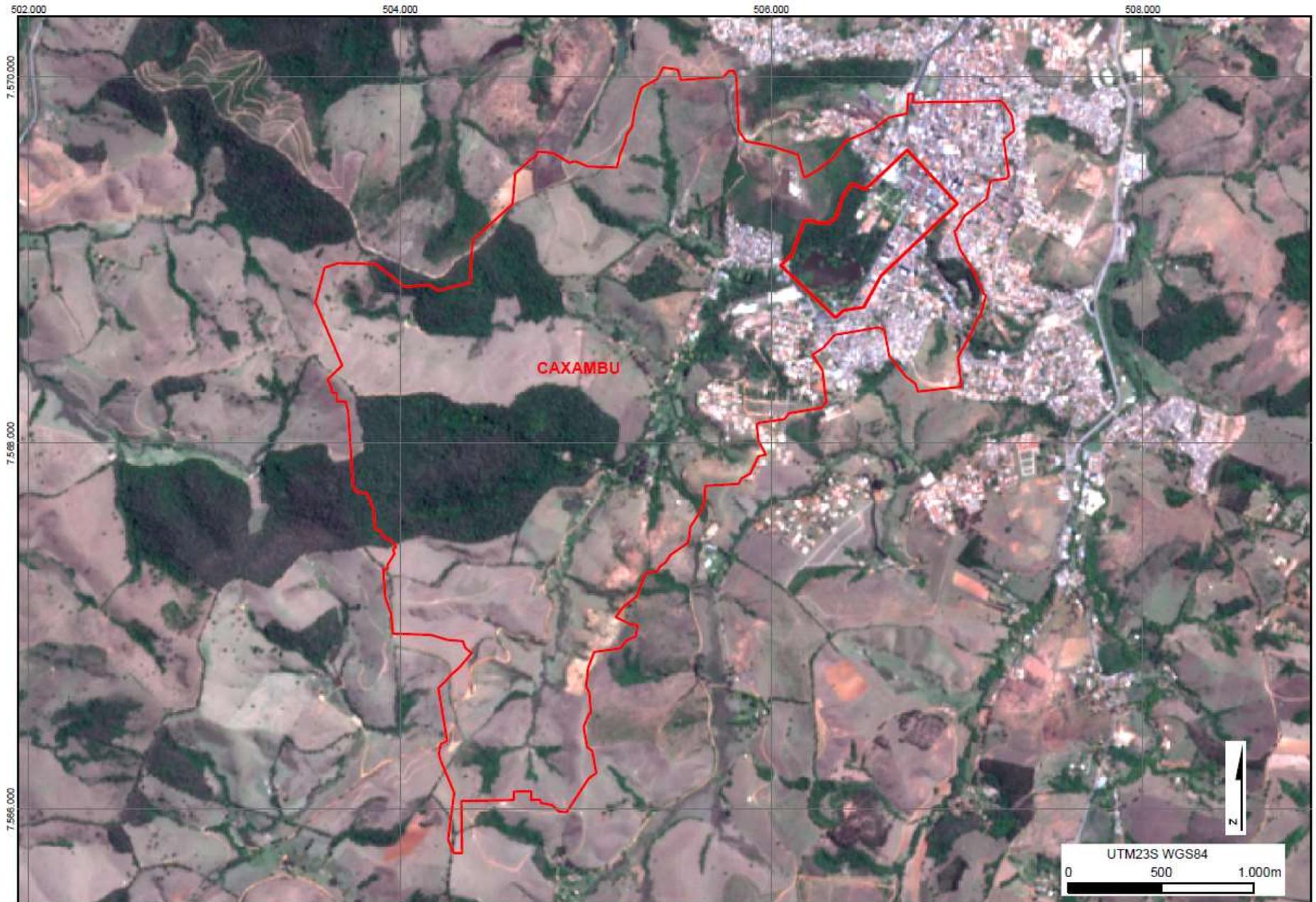
Bancos de dados

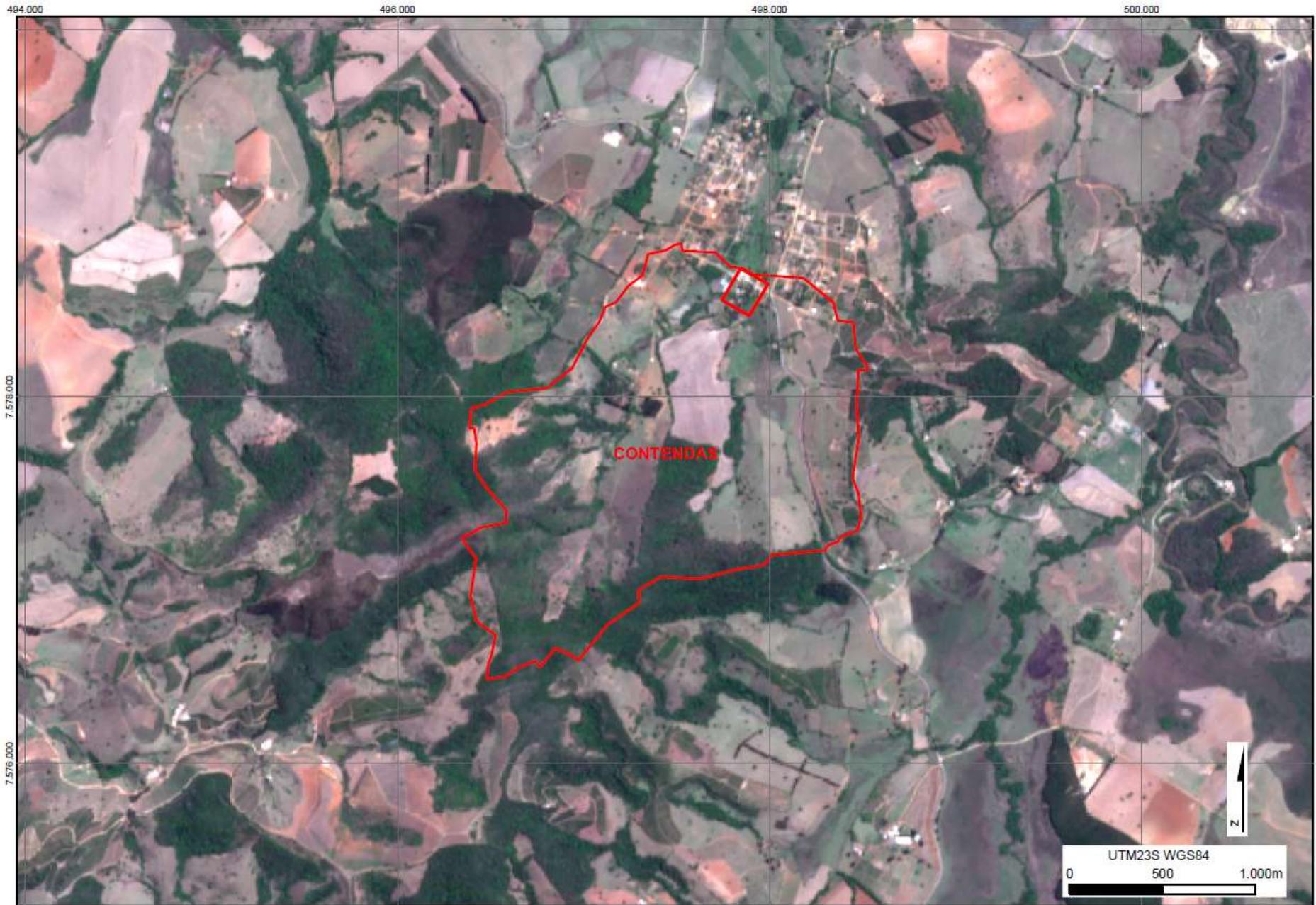
- Litologias
- Medidas estruturais
- Estruturas
- Geofísica
- Dados hidrológicos
- Dados hidrogeológicos
- Análises petrográficas
- Análises geoquímicas
- Análises isotópicas
- Análises de águas
- Análises de gases
- Dados socioeconômicos
- Unidades geológicas
- Unidades geomorfológicas
- Unidades hidrogeológicas

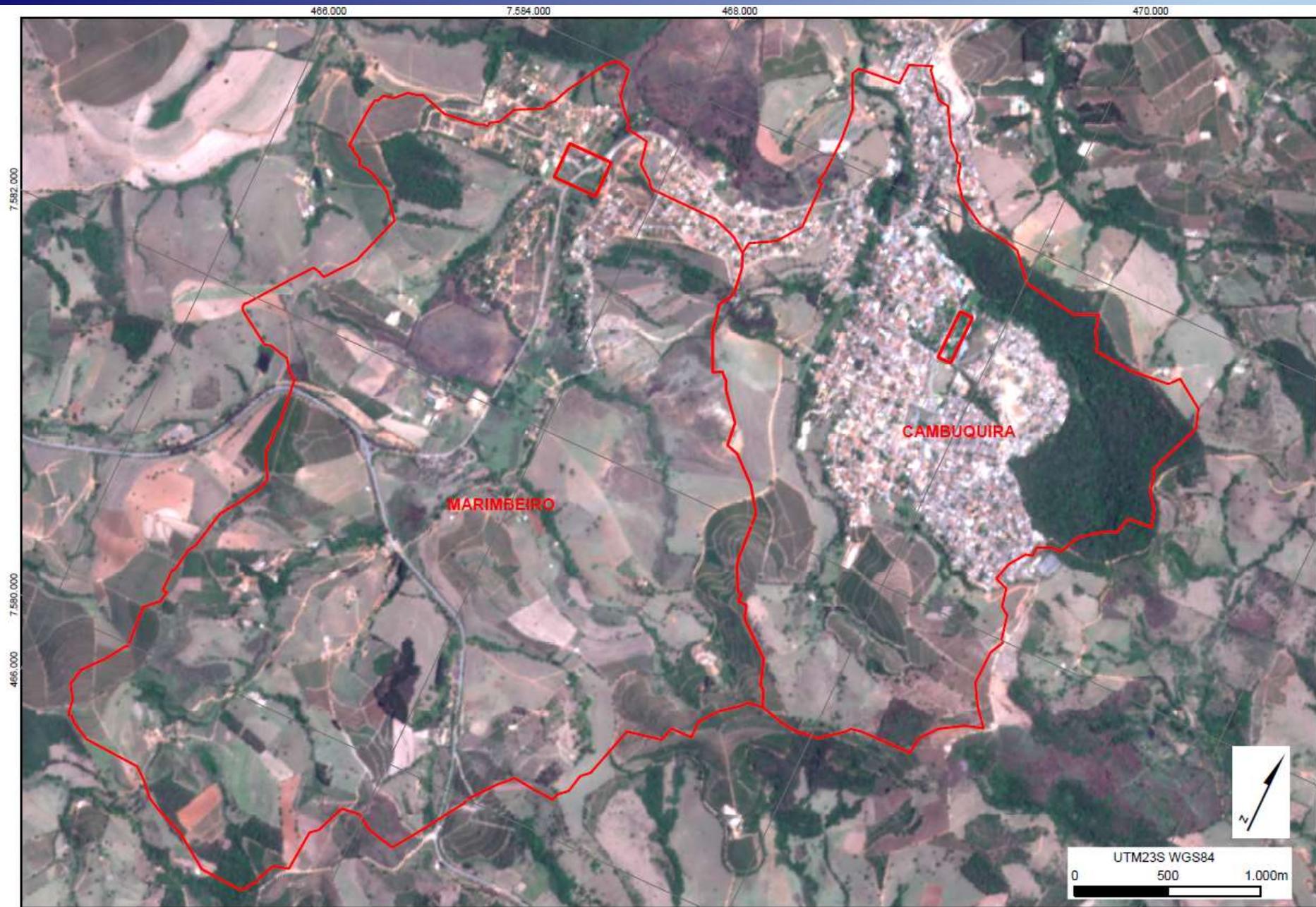
Relatório completo

- Capa e contracapa
- Créditos diversos
- Sumário e índices de ilustrações
- Apresentação
- Introdução
- Objetivos
- Justificativa e relevância
- Abordagem metodológica
- Localização e vias de acesso
- Socioeconomia
- Fisiografia
- Geofísica
- Geologia
- Hidrogeologia
- Estudos das águas
- Sínteses e modelos
- Conclusões
- Recomendações
- Referências bibliográficas
- Anexos









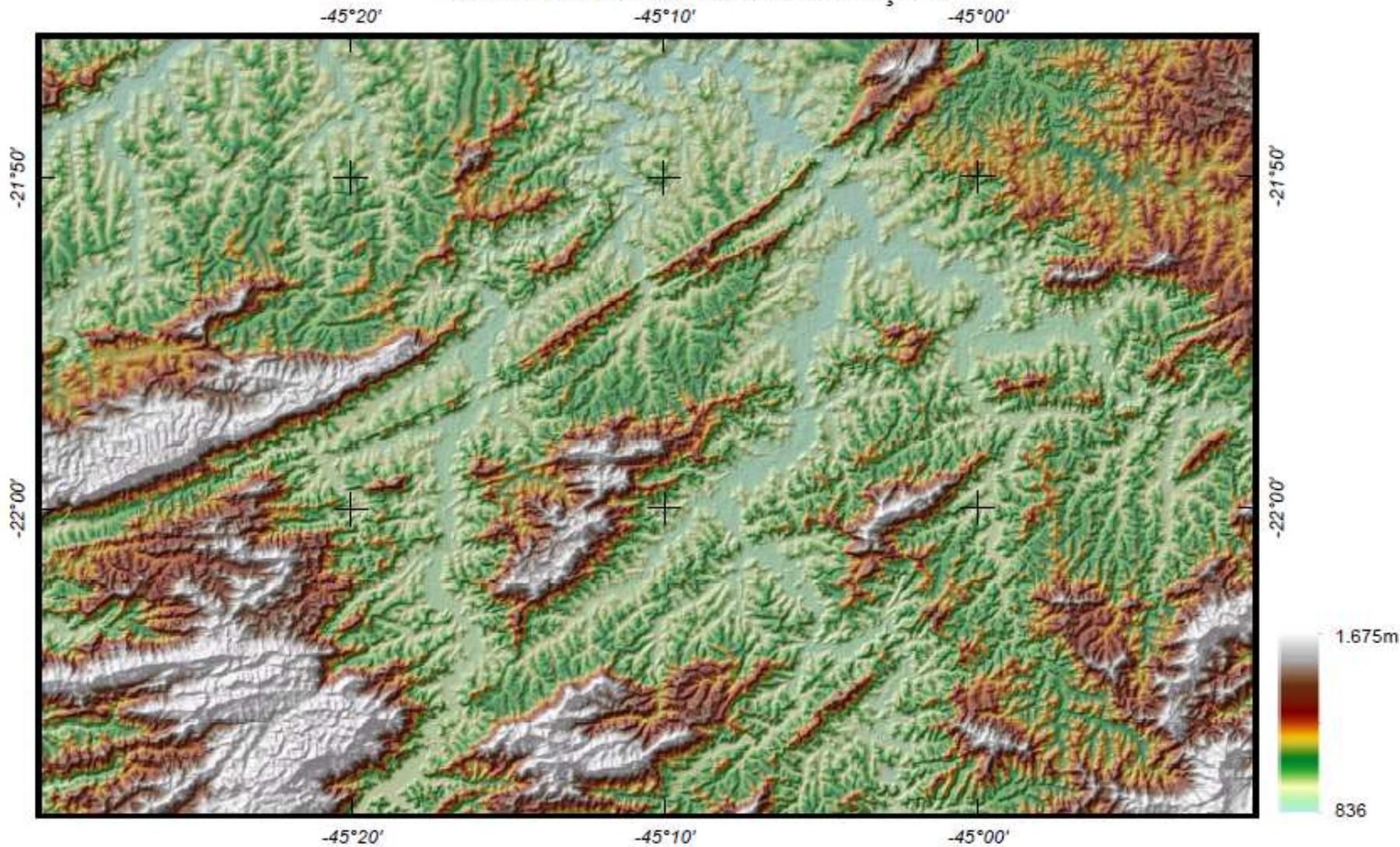
BASES

AEL Lambari



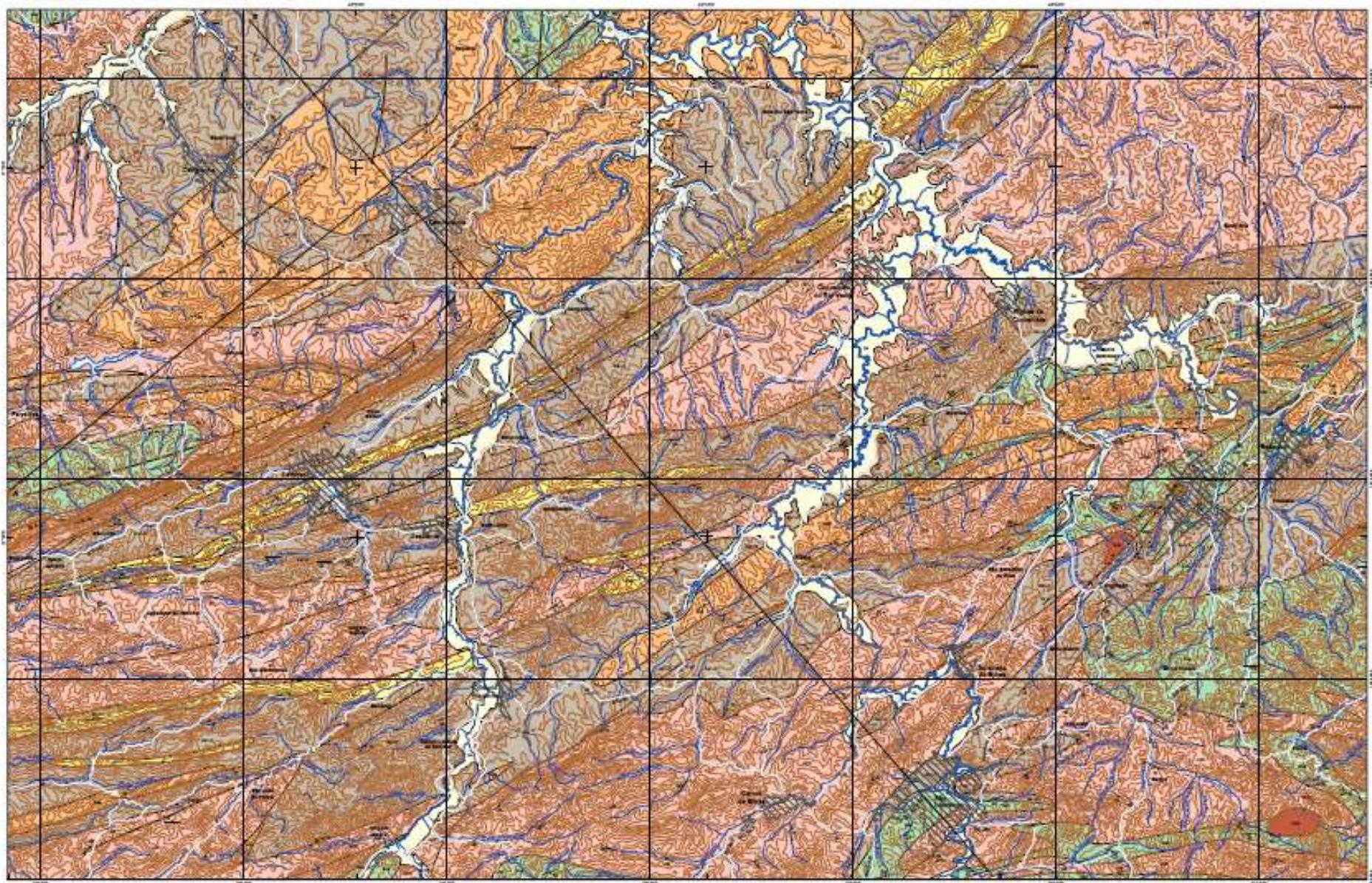
OUTRAS BASES (todas para Regional e AEL)

MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO



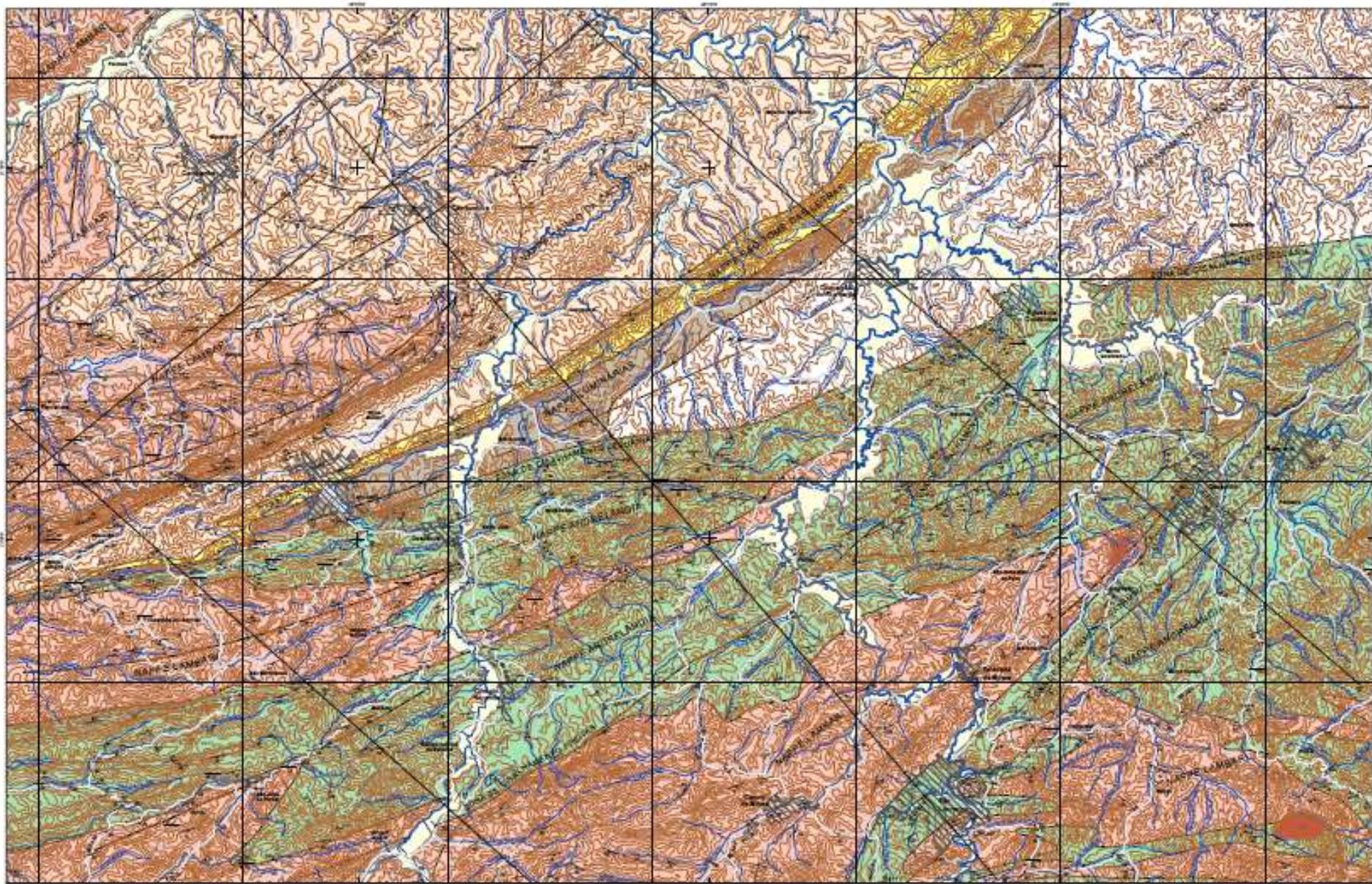
RESULTADOS: GEOLOGIA INTEGRADA DO CIRCUITO DAS ÁGUAS

MAPA GEOLÓGICO DO CIRCUITO DAS ÁGUAS DE MINAS GERAIS



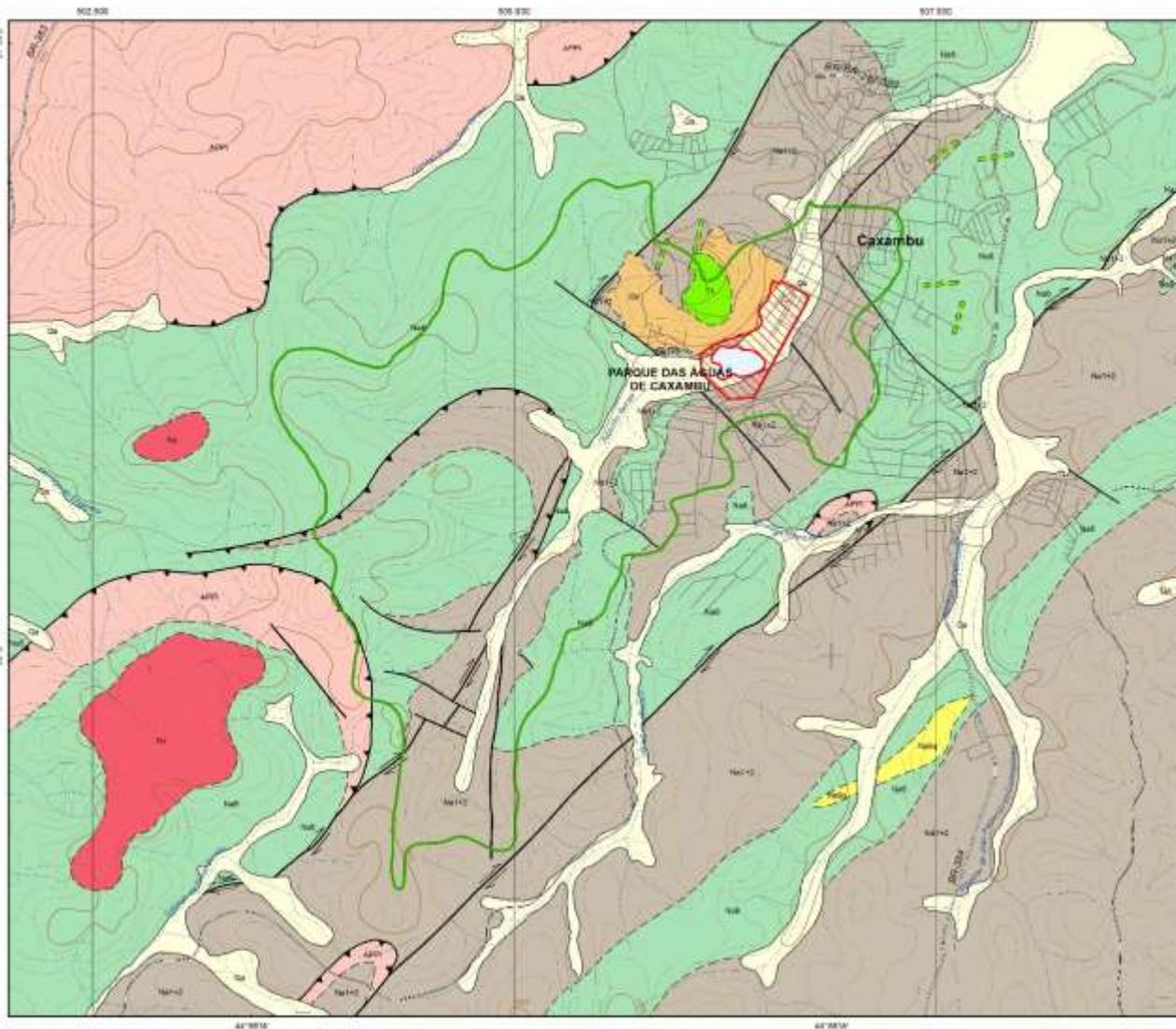
RESULTADOS: GEOLOGIA INTEGRADA DO CIRCUITO DAS ÁGUAS

MAPA ESTRUTURAL DO CIRCUITO DAS ÁGUAS DE MINAS GERAIS



RESULTADOS: GEOLOGIA DA AEL CAXAMBU

PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS MAPA GEOLÓGICO CAXAMBU



FANEROZOICO

- Depósitos colúvies: brechas parcial ou totalmente cimentadas por limonite e areias de margamo
- Sedimentos fluviais quaternários
- Rochas abissais (traço fino, arenito, brecha magnética)

NEOPROTEROZOICO

- Leucogranito a moscovite e feldspato

TONAMBO
- 720 Ma
1.020 Ma

SEQUÊNCIA CARRIACAS	Na142	Na141
	Brecha grossa com intercalações de brecha vietas, quartzitos, arenitos e filito	Brecha grossa, muscovite xisto, quartzito (q), rochas calcossilicáticas, arenitos e rochas metakalimárias

ARQUEANO I PALEOPROTEROZOICO

- Ortogranitos bandados ou migmatíticos, arenitos, seqüências de xistos verdes e rochas metakalimárias

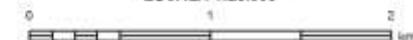
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato
- - - Contato aproximado
- ▲ Falha de empurro
- Falha transcorrente, sentido do movimento indicado
- Falha normal
- Falha injetionada

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

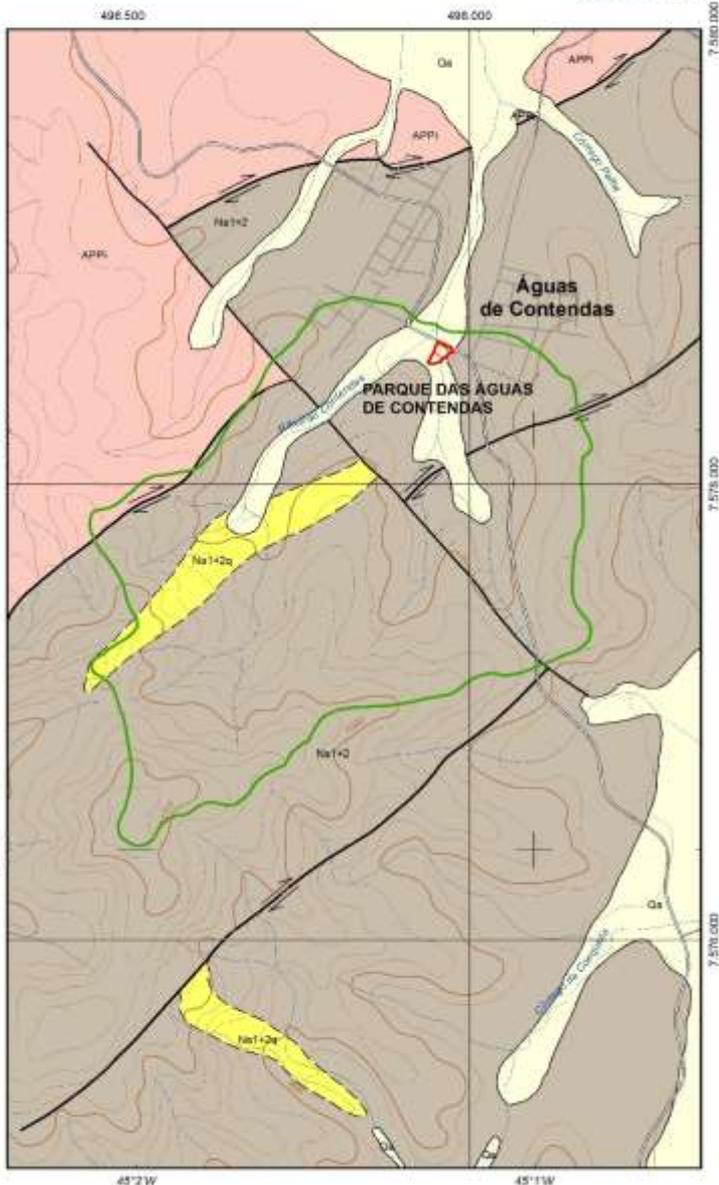
- Via pavimentada
- Via não pavimentada
- Via urbana
- Rede de drenagem
- Bacia do Ribeirão Bongo
- Parque
- Curva de nível

MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:25.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 45° W Gr.
 Escalas das curvas: 10.000m e 500m, respectivamente.
 Declinação magnética do centro da folha: 22° 17' W, com variação anual de 7' W.
 Equidistância das curvas de nível: 20 m
 Datum vertical: marégrafo Itaipava, SC
 Datum horizontal: WGS84

PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS MAPA GEOLÓGICO CONTENDAS



FANEROZOICO

Qa Sedimentos fluviais quaternários

NEOPROTEROZOICO



ARQUEANO / PALEOPROTEROZOICO

APPI Ortognaisses bandados ou migmatíticos, anfibolitos, seqüências de xistos verdes e rochas metultramáficas

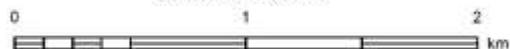
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS



MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:25.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 45°W Gr. acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.

Declinação magnética do centro da folha: 22° 17' W, com variação anual de 7' W.

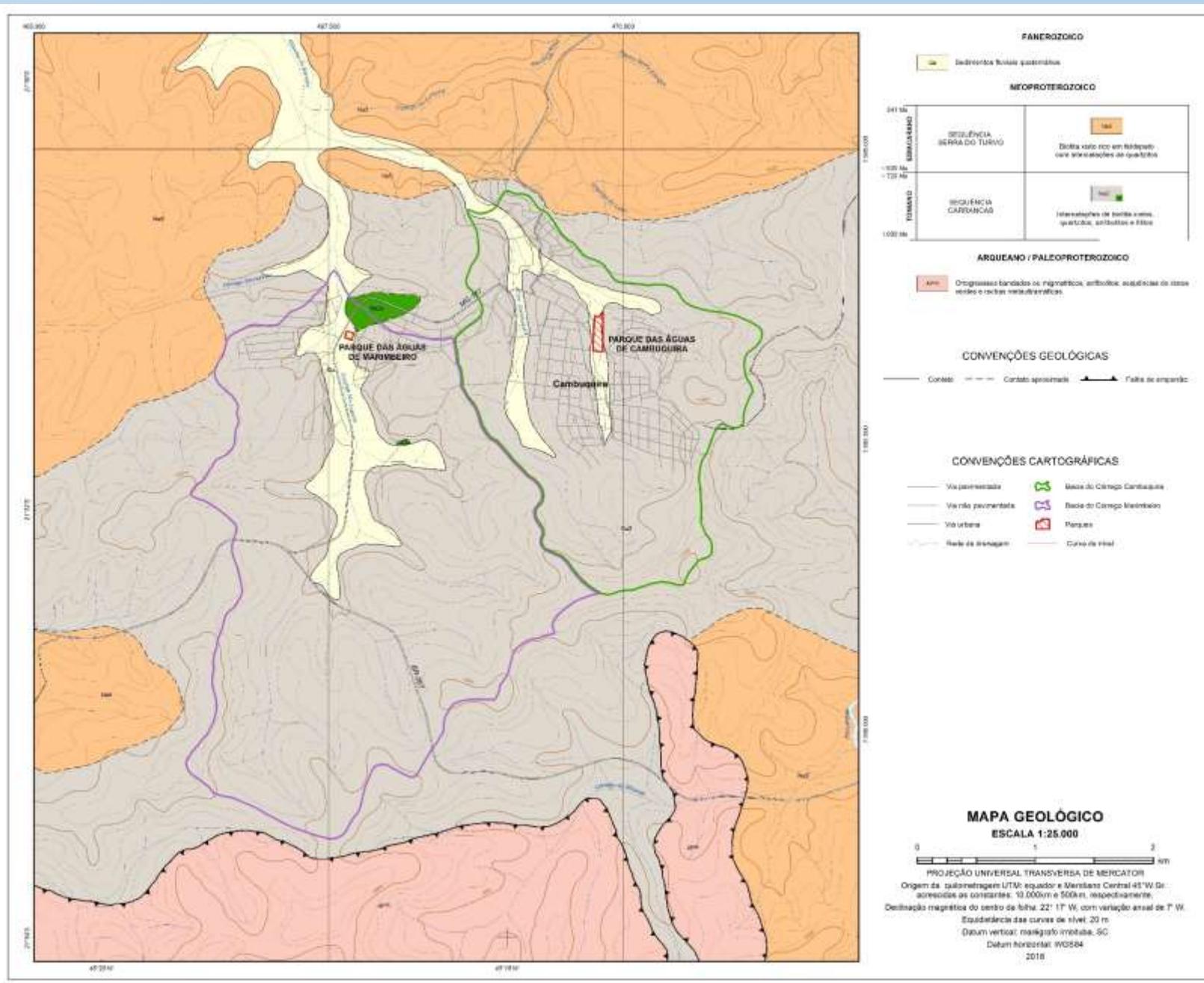
Equidistância das curvas de nível: 20 m

Datum vertical: marégrafo Ibitubã, SC

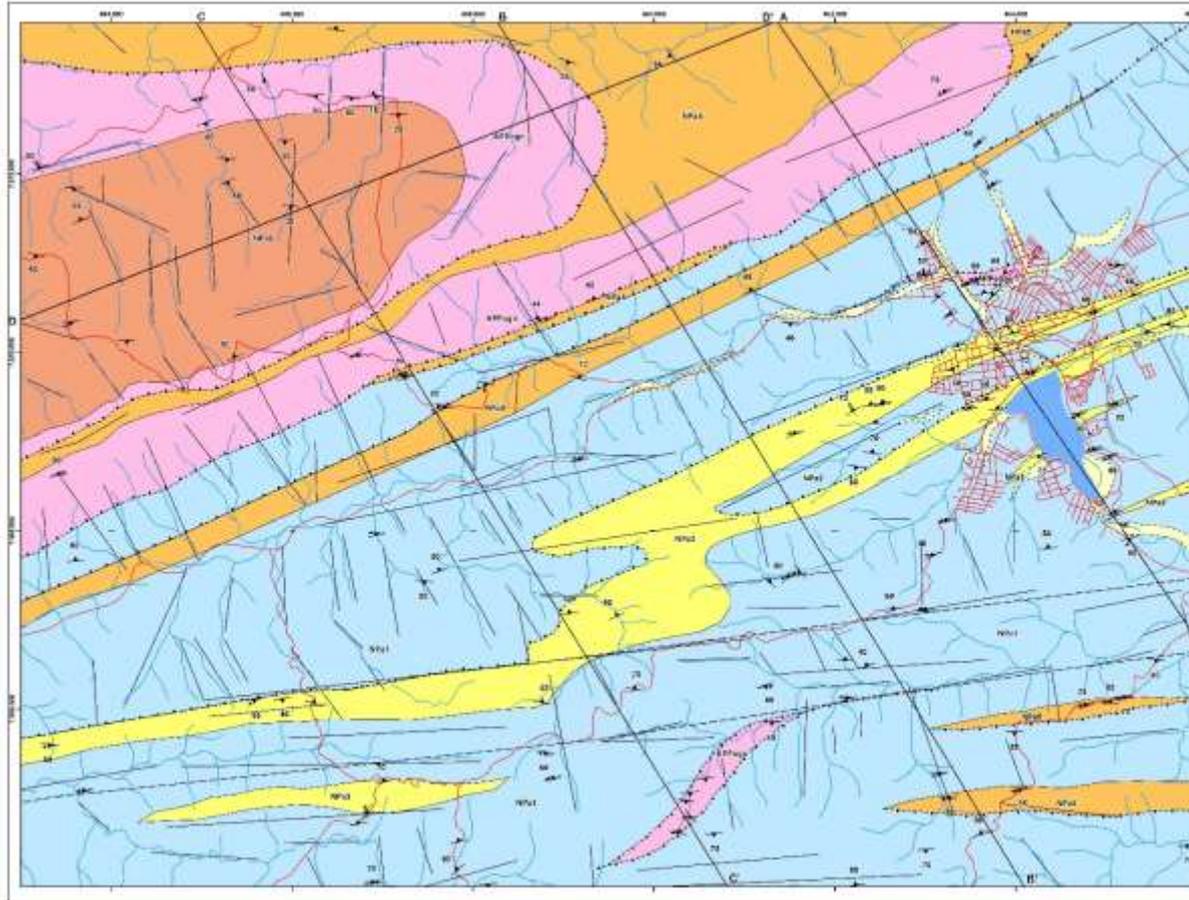
Datum horizontal: WGS84

**RESULTADOS:
GEOLOGIA DA
AEL
CONTENDAS**

RESULTADOS: GEOLOGIA DA AEL - CAMBUQUIRA



RESULTADOS: GEOLOGIA DA AEL - LAMBARI



Legenda

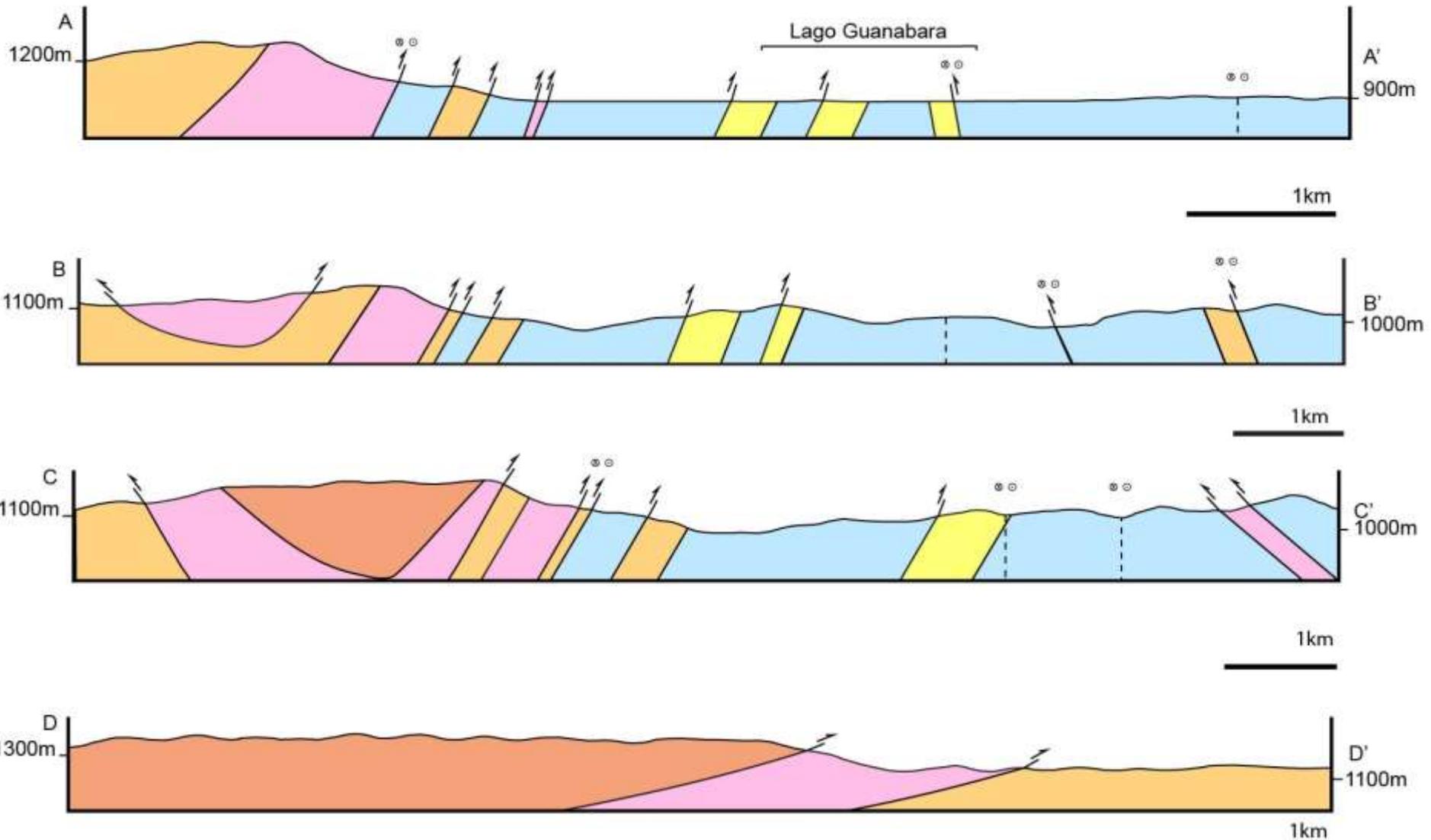
- Depósitos aluvionares (Qa): Sedimentos inconsolidados de areias finas a grossas estratificadas, com níveis silto-argilosos e horizontes de cascalho
 - Unidade Arantina (NPa5): Biotita-granada xisto de granulação grossa, muscovita-quartzo xisto de granulação fina, e biotita granada gneisso de granulação fina com intercalações de anfibólito
 - Unidade Santo Antônio (NPa5): Biotita/muscovita-quartzo xisto com granada, carnita de granulação fina a grossa
 - Unidade São Tomé das Letras (NPa3): Ortóquartzito e quartzito impuro com níveis síndeticos e intercalações de muscovita-quartzo xisto
 - Unidade São Vicente (NPa1): Biotita paragneisse bandado com intercalações de anfibólito e (NPa2) muscovita-quartzo xisto, e quartzito
 - Embasamento cristalino (APPgn): Ortogneisses migmatíticos com intercalações de anfibólitos e rochas ultramáficas, (APPug) intercalação de xisto verde ultramáfico com quartzito, anfibólito, rochas sedimentares químicas e metagranito.
- Direção de foliação com indicação de mergulho
Linhação de estiramento/mineral com indicação de cimento
Zona de cisalhamento de Jesuânia
Perfis verticais
Lago Guanabara
Rede viária
Rede hidrográfica
Lineamentos morfo-estruturais
Contato geológico
Falha de empurrão



1:25.000



RESULTADOS: GEOLOGIA DA AEL - LAMBARI





Observatório
Nacional

RESULTADOS

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO CAXAMBU – MG

Métodos :

Magnetotelúrico – MT

Audiomagnetotelúrico – AMT

Tomografia de Resistividade Elétrica - ERT

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO CAXAMBU

- 21 estações magnetotelúrico (MT) de Banda Larga – Montante do Rio Bengo.
- 39 estações audimagnetotelúrico (AMT): 18 dentro do Parque de Caxambu e 21 em conjunto com as estações MT.
- 800 m em 4 perfis de Tomografia de Resistividade Elétrica (ERT) no Parque de Caxambu

AUDIOMAGNETOTELÚRICO (AMT) – PARQUE DAS ÁGUAS - CAXAMBU

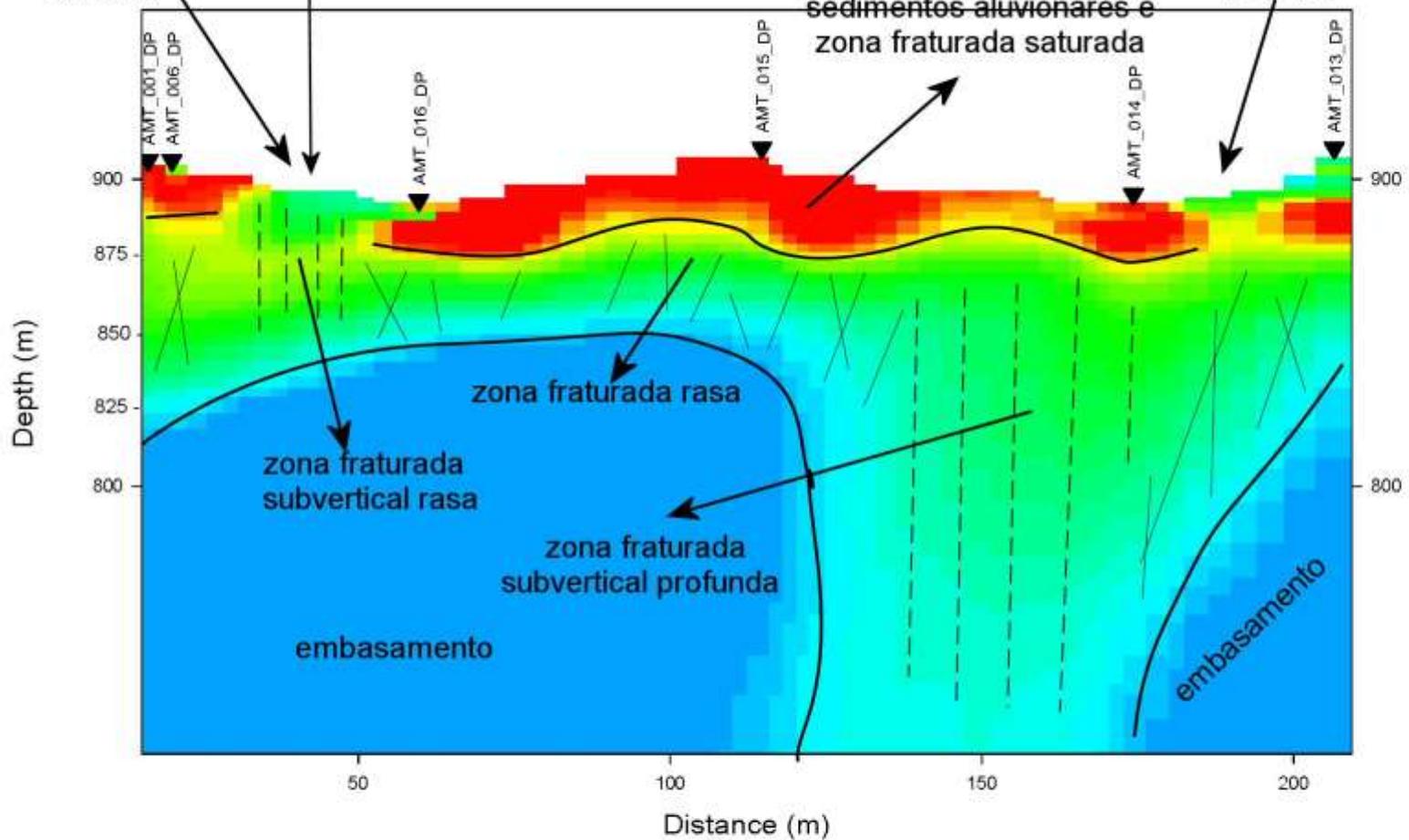
Caxambu - Parque da Água

Geofísica AMT e ERT



PERFIL DE INVERSÃO 2D AMT

descontinuidade resistiva geiser a 10m cobertura condutiva descontinuidade resistiva
sedimentos aluvionares e zona fraturada saturada



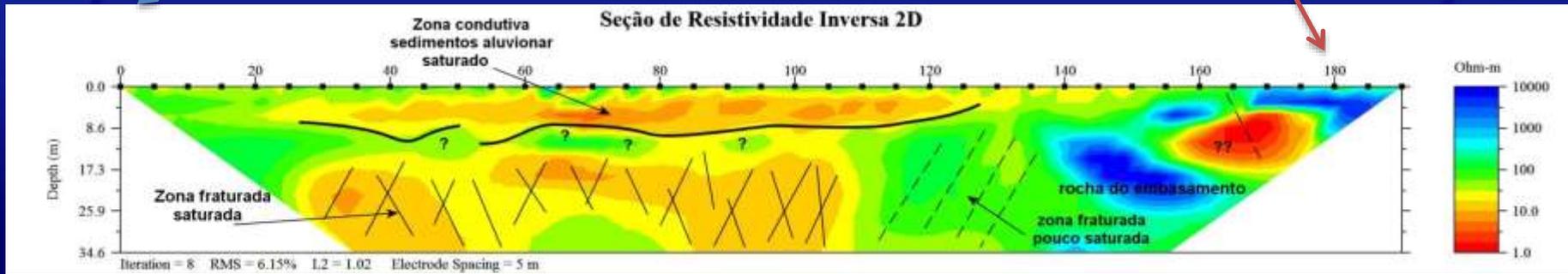
Vertical Exaggeration = 0.5

Horizontal Scale 1 : 1000

Vertical Scale 1 : 2000

TOMOGRAFIA DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA (ERT) – PARQUE DAS ÁGUAS - CAXAMBU





MAGNETOTELÚRICO (MT) – MONTANTE DO RIO BENGO - CAXAMBU

Caxambu - Montante do Rio Bengo

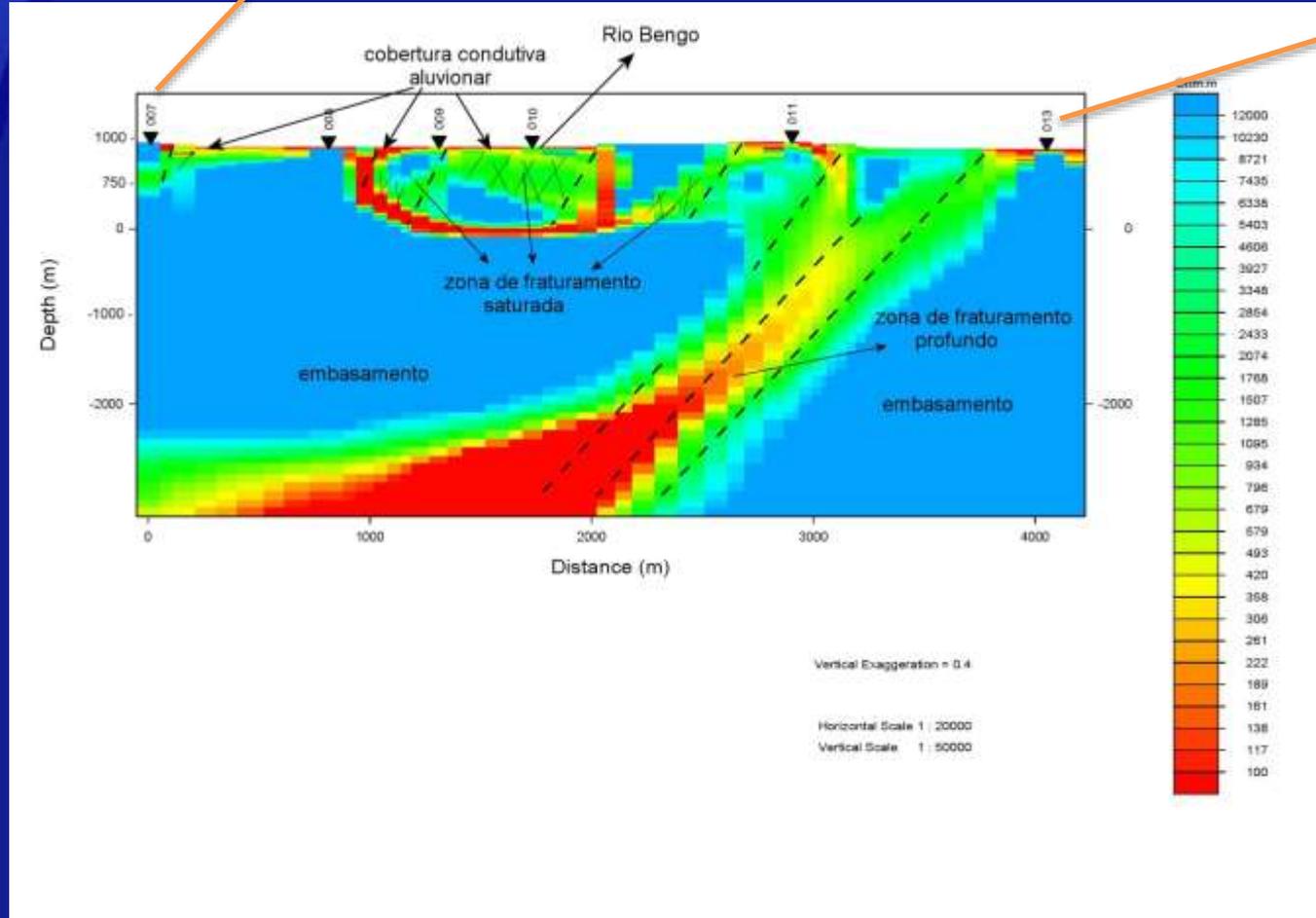
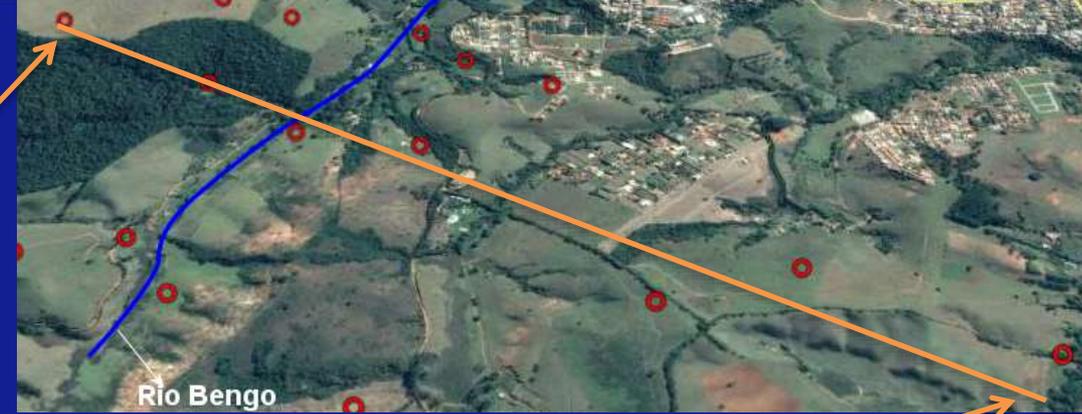
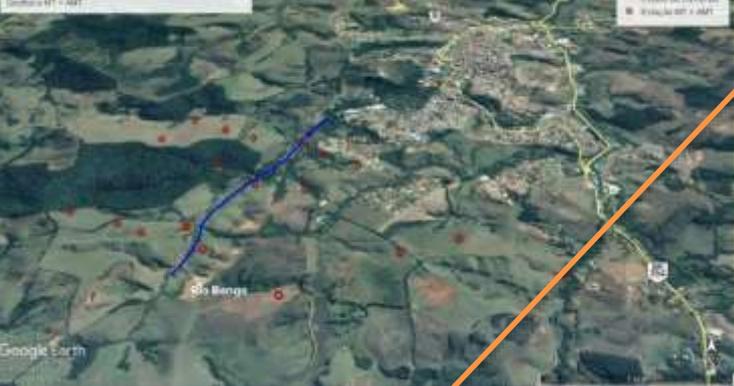
Geofísica MT + AMT

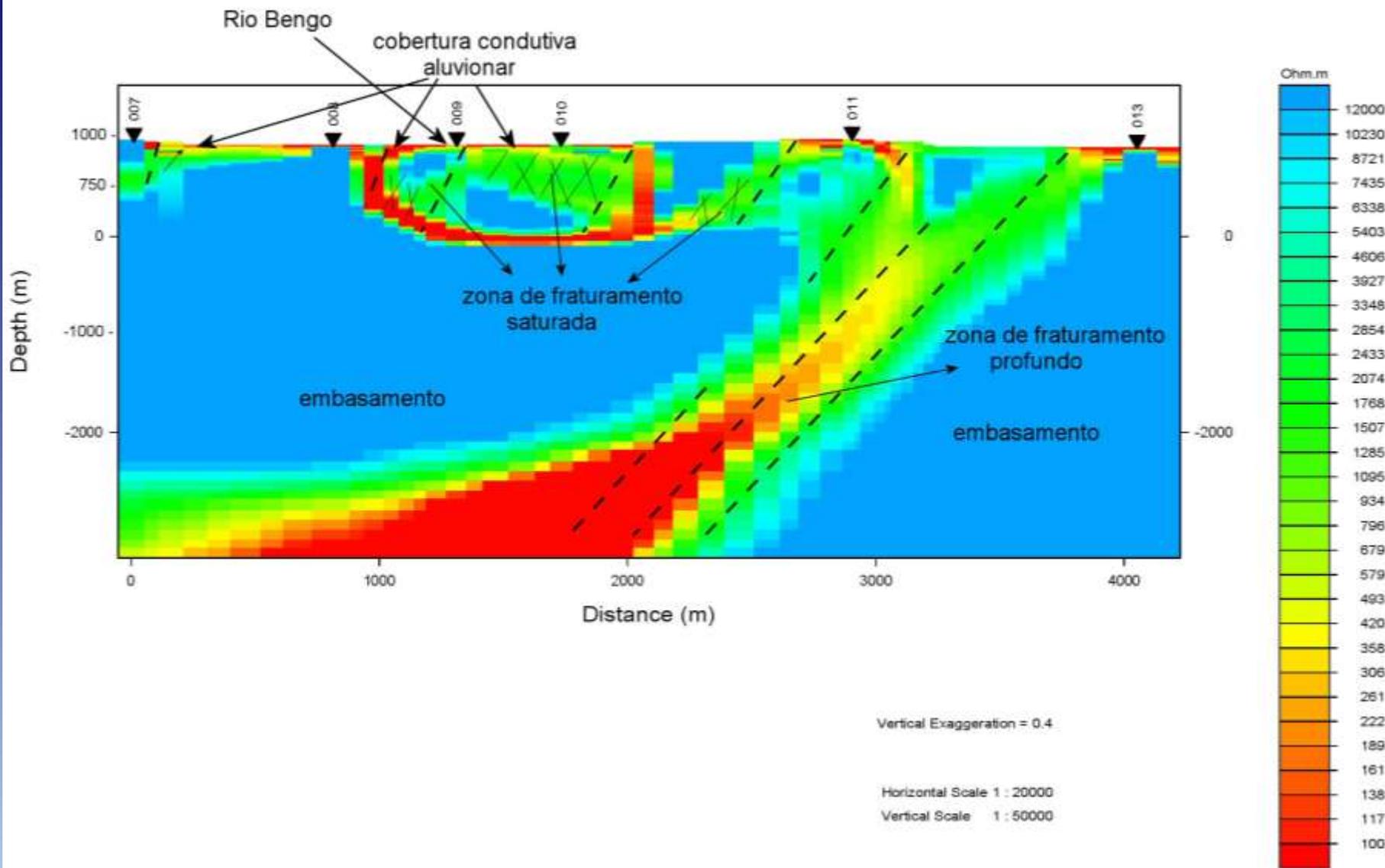
Legenda

- Cidade de Caxambu
- Estação MT + AMT



Caxambu - Montante do Rio Bengo



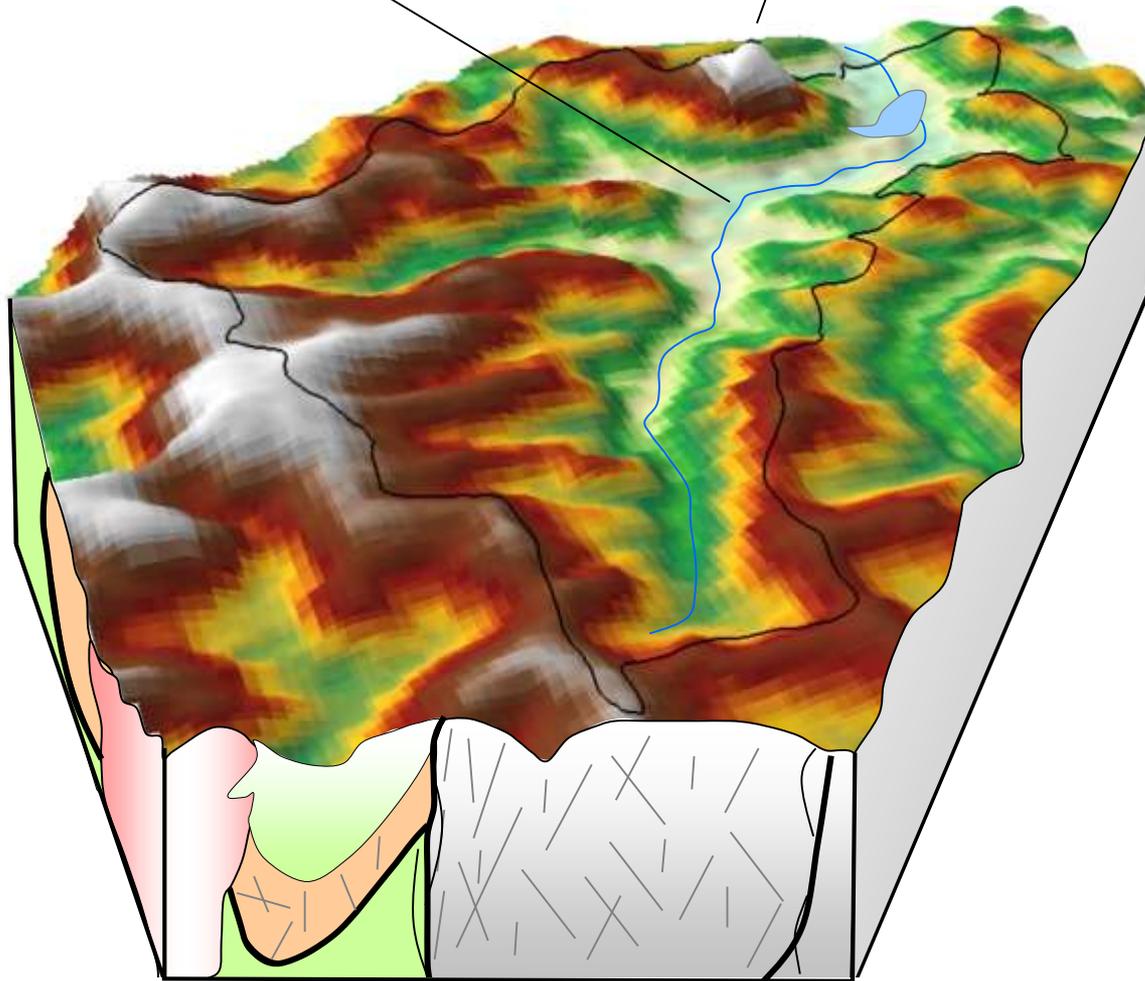


INTEGRAÇÃO

GEOLOGIA – GEOFÍSICA - HIDROGEOLOGIA

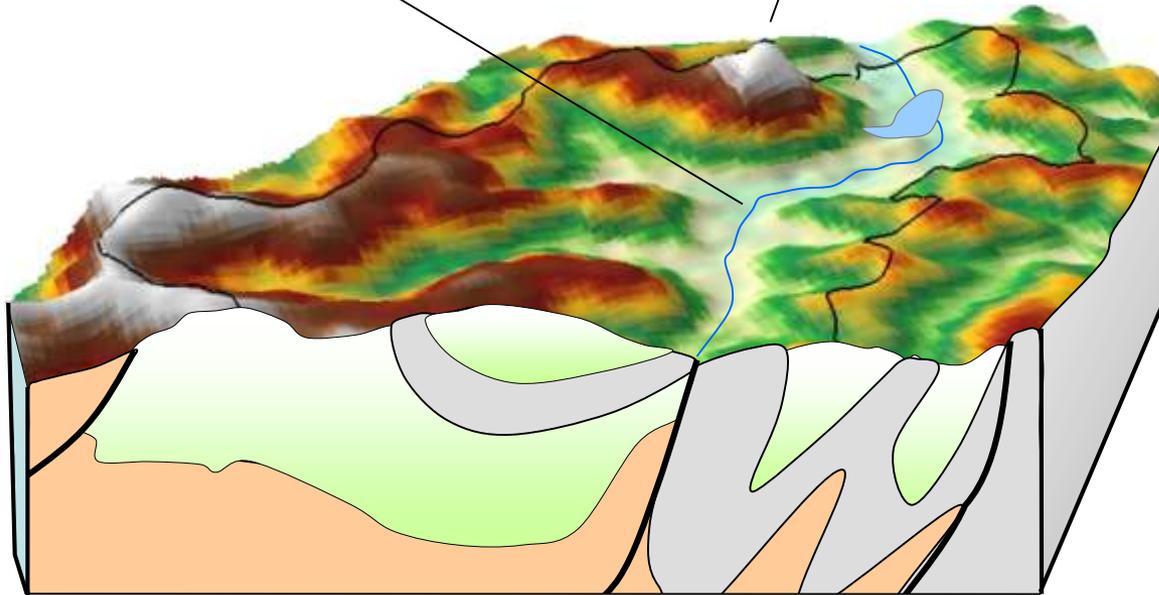
Ribeirão
Bengo

Morro do Caxambu

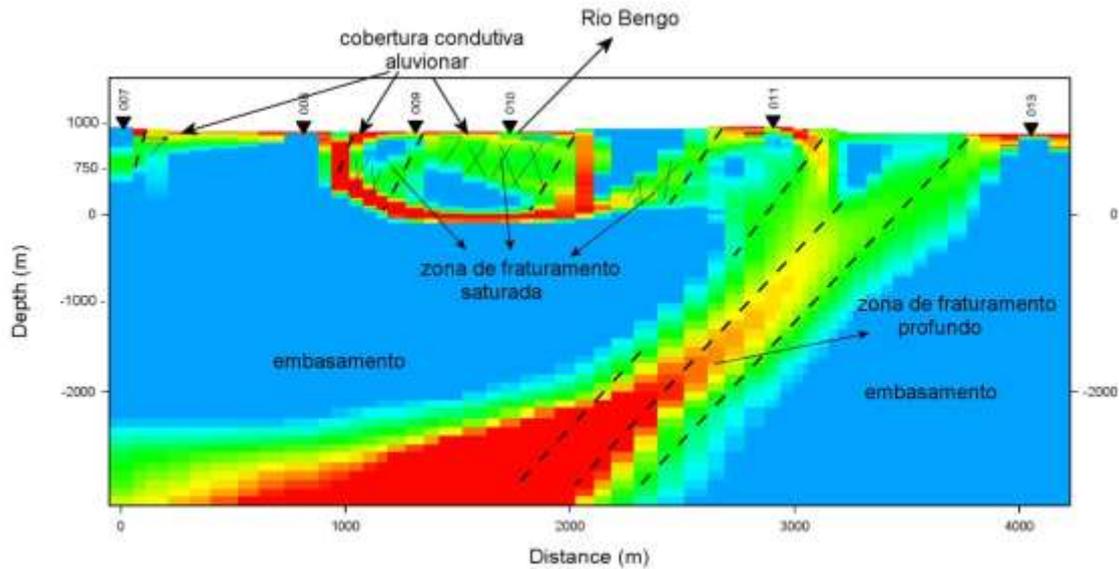
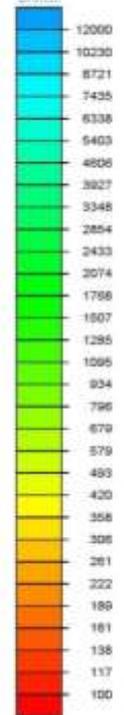


Ribeirão
Bengo

Morro do Caxambu

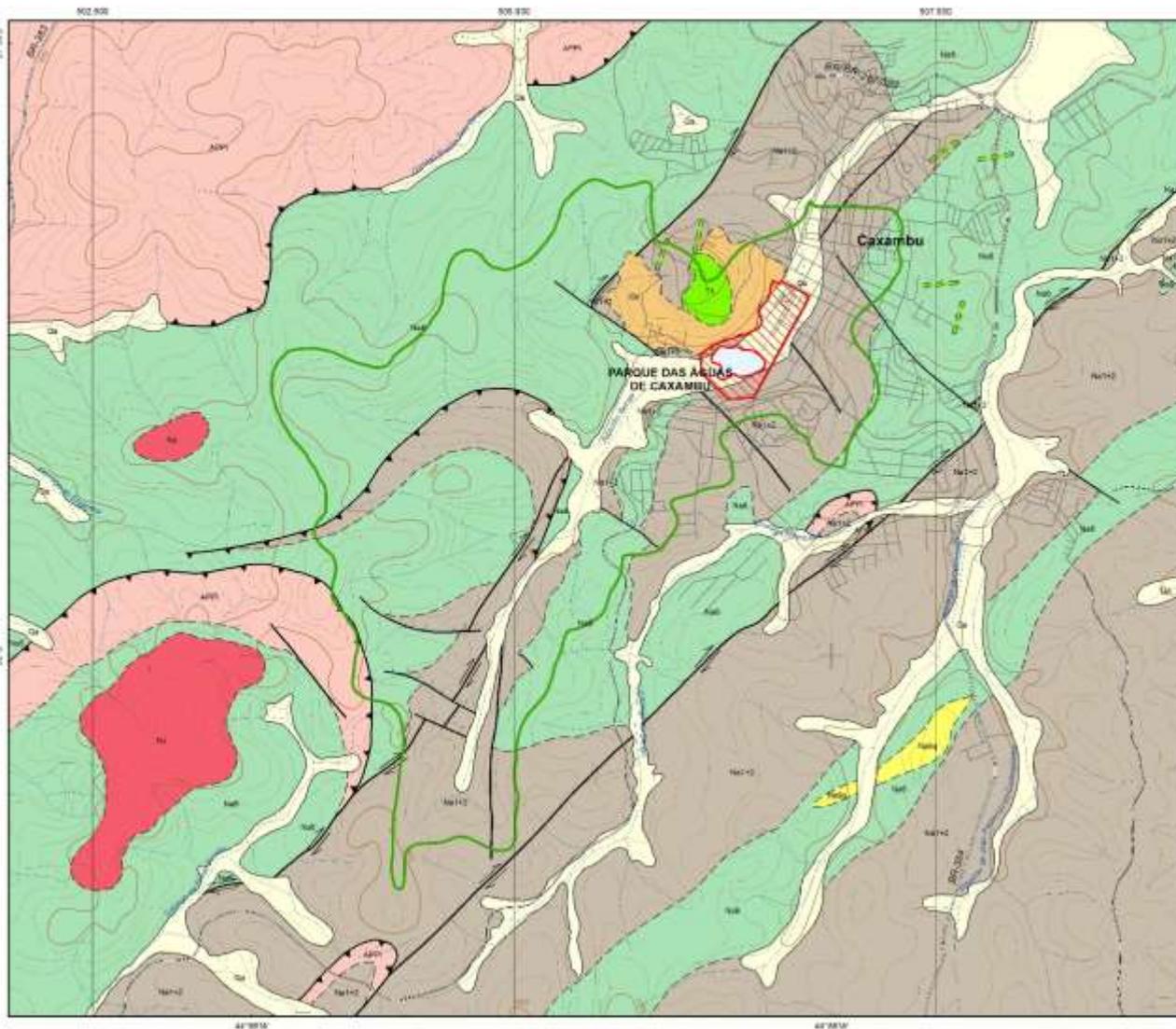


Resistividade
Ohm.m



RESULTADOS: GEOLOGIA DA AEL CAXAMBU

PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS MAPA GEOLÓGICO CAXAMBU



FANEROZOICO

- Depósitos colúvies: brechas parcial ou totalmente cimentadas por limonite e areias de margamo
- Sedimentos fluviais quaternários
- Rochas abissais (traço fino, arenito, brecha magnética)

NEOPROTEROZOICO

- Leucogranito a moscovite e feldspática

TONAMBO
1:000 Ma
- 720 Ma

SEGLÉNCIA
CARRIACAS

Na12

Brecha granosa com intercalações de brecha vietas, quartzitos, arditoles e filito

Na11

Brecha granosa, monzonite verde, quartzito (q), rochas calcossilicáticas, arditoles e rochas metakambrianas

ARQUEANO I PALEOPROTEROZOICO

- Ortogranitos bandados ou migmatíticos, arditoles, seqüências de xistos verdes e rochas metakambrianas

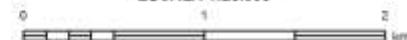
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato
- Contato aproximado
- Falha de empurro
- Falha transcorrente, sentido do movimento indicado
- Falha normal
- Falha indeterminada

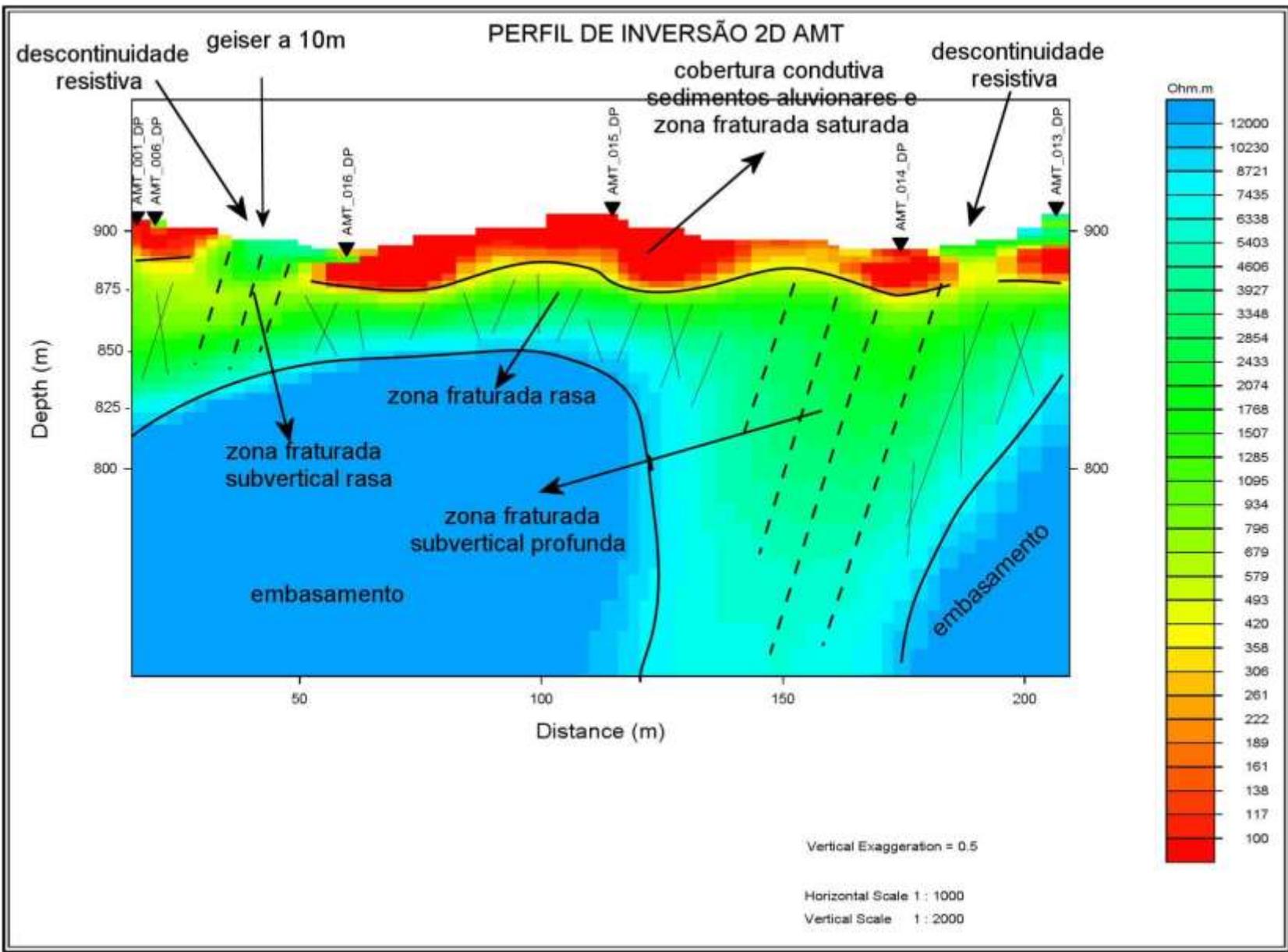
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

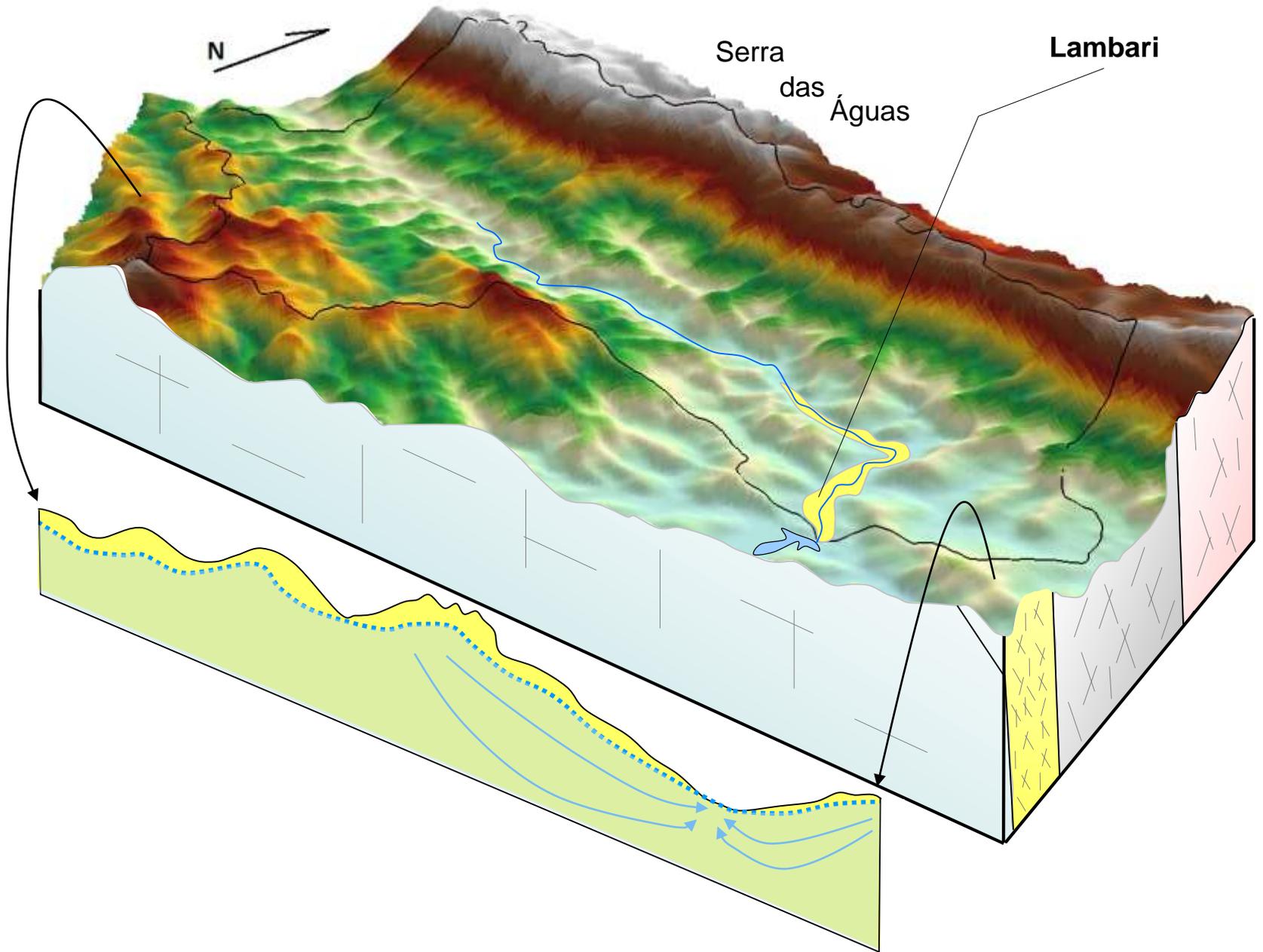
- Via pavimentada
- Via não pavimentada
- Via urbana
- Rede de drenagem
- Bacia do Ribeirão Bengo
- Parque
- Curva de nível

MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:25.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 45° W Gr.
 Escalas das curvas: 10.000m e 500m, respectivamente.
 Declinação magnética do centro da folha: 22° 17' W, com variação anual de 7' W.
 Equidistância das curvas de nível: 20 m
 Datum vertical: marégrafo Itaipava, SC
 Datum horizontal: WGS84





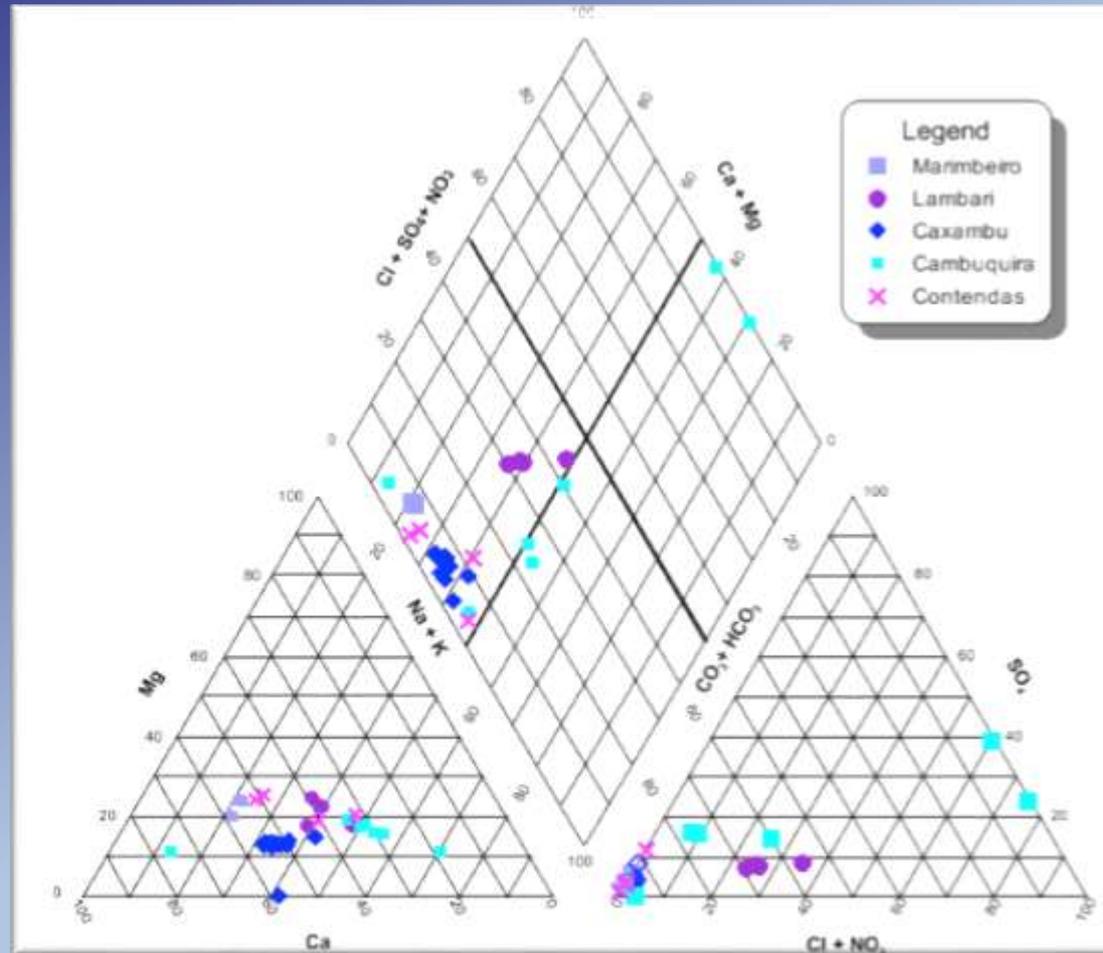


RESULTADOS HIDROQUÍMICOS E ISOTÓPICOS

RESULTADOS ISOTÓPICOS DE ESTRÔNCIO EM ROCHAS INALTERADAS

Amostra	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ $\pm 2\text{SE}$	ROCHA / MINERAL
NBS-987	0.71028+/-2	Padrão
CXM28	0.76876+/-1	Gnaiss São Vicente (Cb, Lb)
CA09	0.71511+/-1	Anfibolito São Vicente (todos)
MCX50	0.72554+/-3	Alcalina Félsica Caxambu
MCX64C	0.70757+/-3	Alcalina máfica Caxambu
CA23	0.72978+/-4	Quartzito São Tomé (Lb)
CA24	0.75024+/-6	Gnaiss São Vicente (Cb, Lb)
CB016	0.98679+/-1	Embasamento (Biotita-ortognaiss) C
CB67A	0.72594+/-1	Biotita xisto quartzo feldspático (tod
CB67B	0.88054+/-8	Quartzito micáceo placóide (Mb, Cb)
CB112	0.72167+/-1	Granada biotita xisto (Cq, Lb, Mb, Cb)

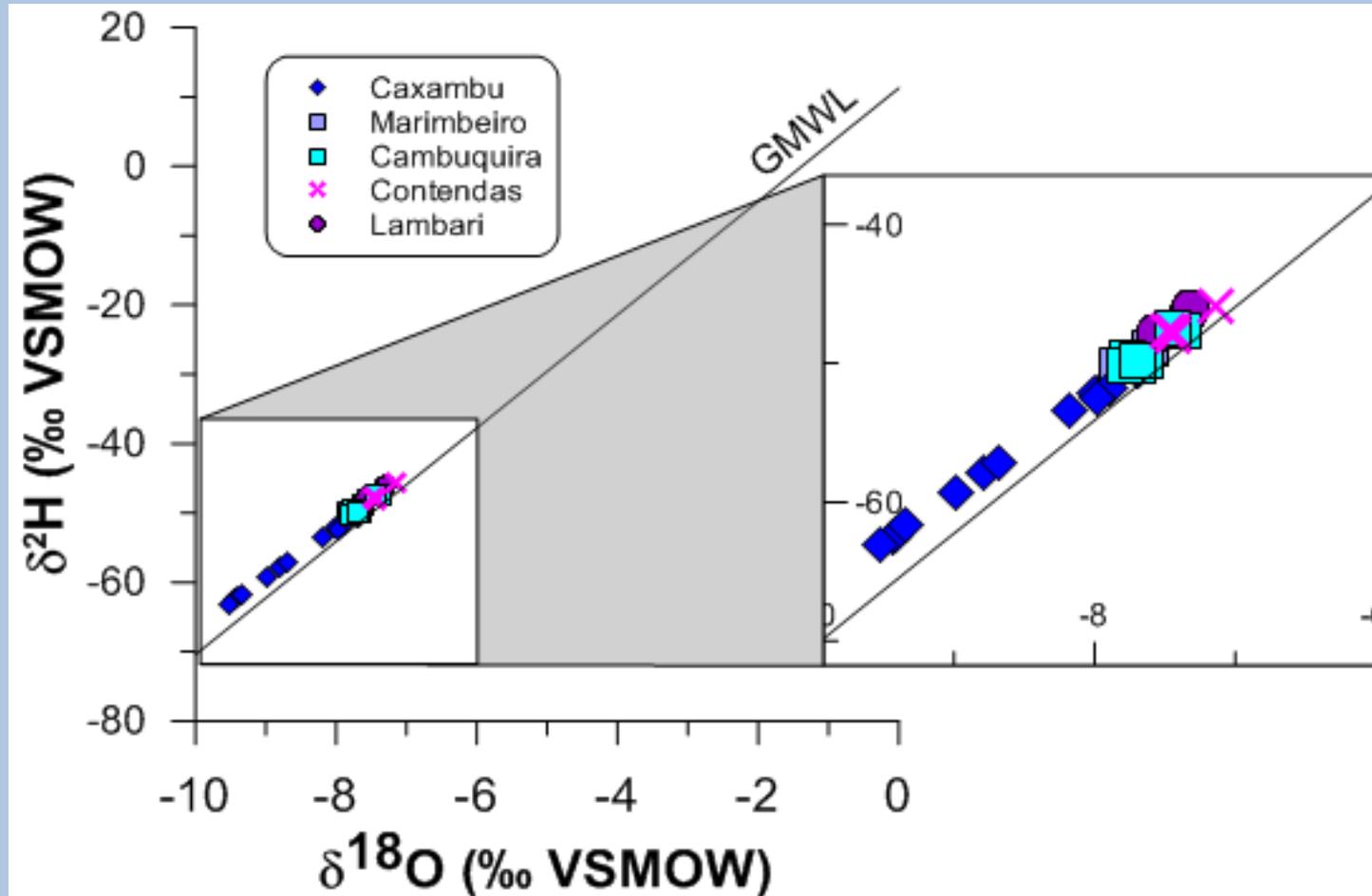
COMPARAÇÕES PRELIMINARES



Caxambu: homogeneidade química e diversificação isotópica \Rightarrow mesma rocha-fonte da química, profundidades diversas

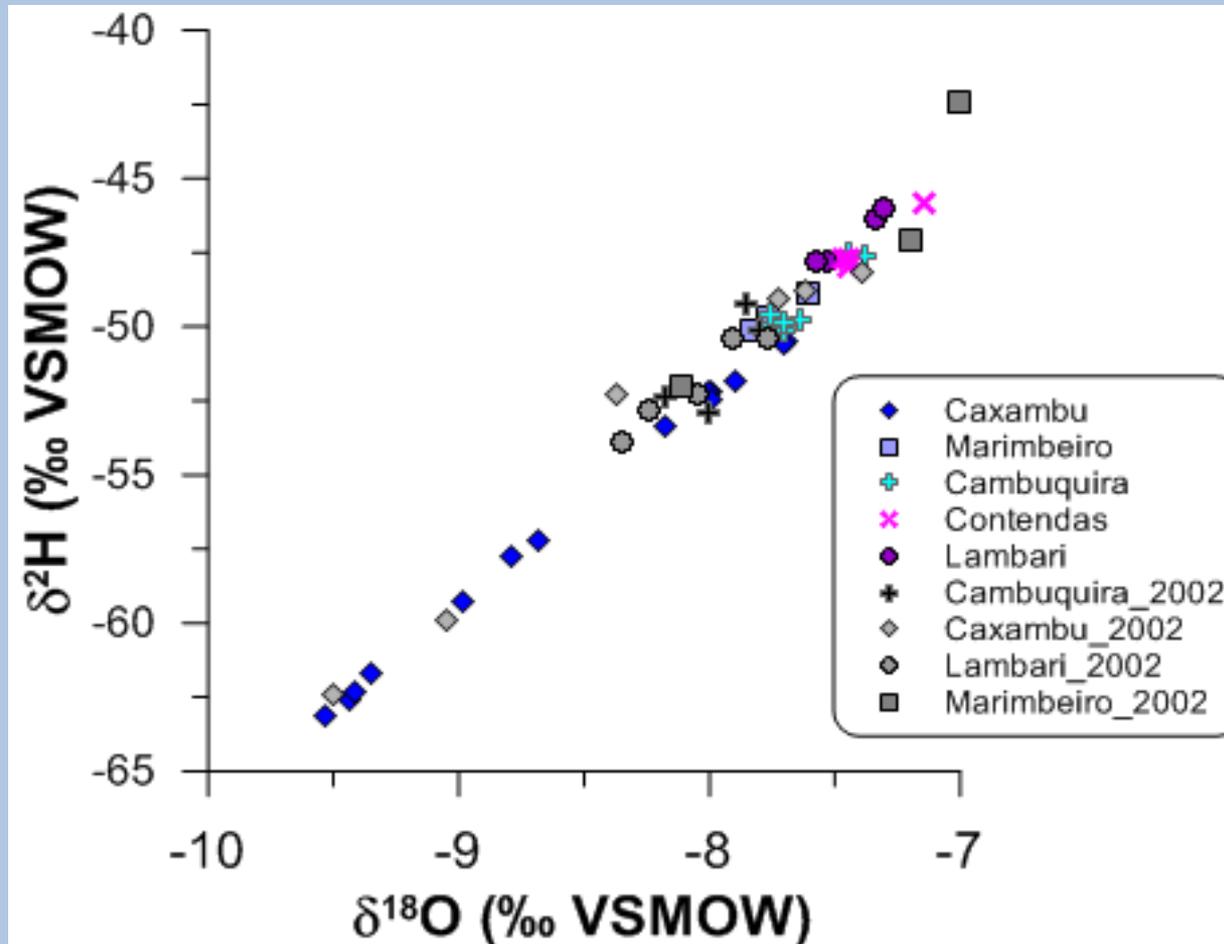
Cambuquira: muita diversificação química e isotópica \Rightarrow rochas-fonte da química e profundidades diversas

Isótopos H2 e O18 - Estação das Chuvas 03/2018



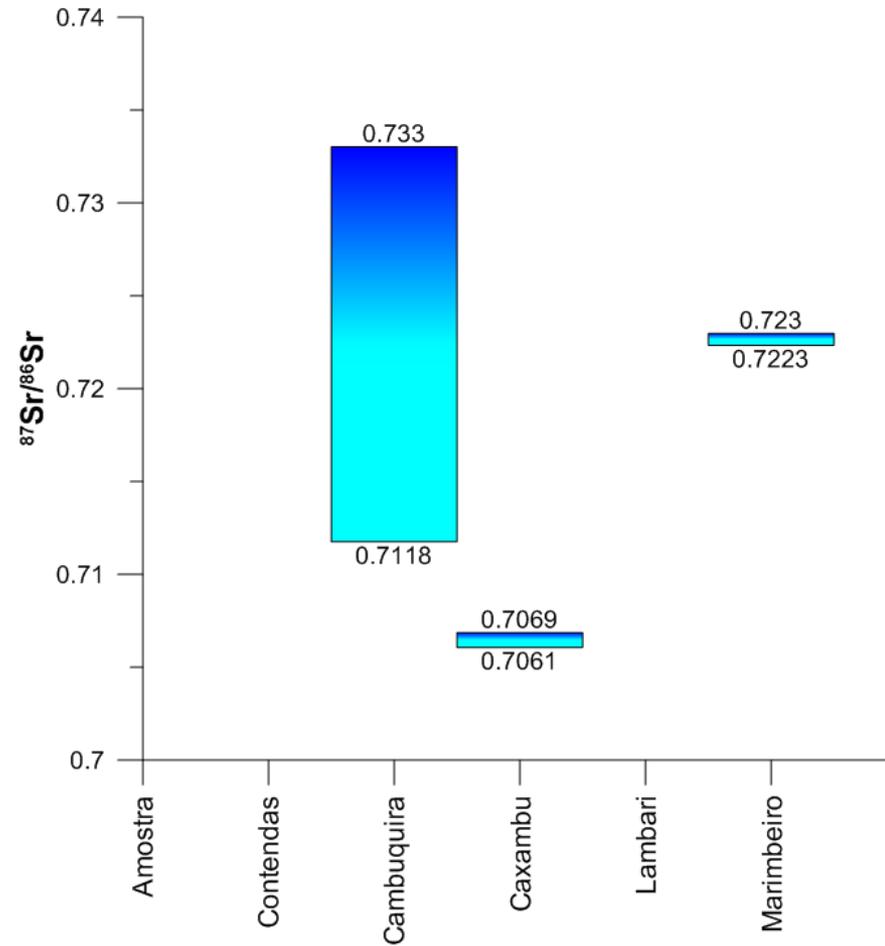
Amostras coincidentes com a Reta Meteórica Global (GMWL), mas possuem assinaturas mais negativas indicativas de circulação mais profunda (a se confirmar com as demais análises).

Comparação 2018 - 2002 – Isótopos H2 e O18



Comparação com análises feitas em 2002 (Delgado & Scudino). Notar que as amostras de Contendas, Lambari e Cambuquira se tornaram menos negativas (ou mais enriquecidas em isótopos pesados), enquanto que as amostras de Caxambu se tornaram mais negativas (ou menos enriquecidas em isótopos pesados). Isso sugere que Caxambu está extraindo águas de circulação mais profunda do que em 2002.

Isótopos de Sr - Estação das Chuvas 03/2018



As amostras de Caxambu e Marimbeiro apresentaram assinatura isotópica de Sr mais homogêneas do que as de Cambuquira.

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Parcela	Etapa e/ou Produtos a serem entregues	Prazo
01	Etapa de mobilização para contratação de equipe, custeio de atividades de campo, e aquisições de serviços, materiais e manutenção de laboratórios, e atualização de softwares.	assinatura (20%)
02	Entrega das bases cartográficas regionais e locais, e o relatório parcial correspondente.	Até 02 meses (25%)
03	Entrega do mapa geológico regional integrado e do mapa estrutural regional, e o relatório parcial correspondente.	Até 06 meses (25%)
04	Entrega dos mapas litoestruturais, dos mapas hidrogeológicos, e dos mapas de uso e ocupação dos solos das áreas de Caxambu, Conceição do Rio Verde, Cambuquira, Lambari e Marimbeiro, e relatórios parciais correspondentes, e dos boletins de sondagens.	Até 09 meses (25%)
05	Entrega do Relatório Final e do Sistema de Informações Geoambientais do Circuito das Águas (SIGA), e resultados de análises laboratoriais sobre amostras de rochas e águas.	Até 12 meses (5%)

A sondagem foi incluída na proposta para:

- **Acessar as rochas na sua condição inalterada**
 - **Todos os tipos de rochas foram encontrados nesta condição em superfície, e já foram devidamente amostrados e já analisados.**
- **Acessar estruturas geológicas em profundidade**
 - **O mapeamento litoestrutural e a geofísica mostraram que as rochas se dispõem em altos mergulhos, mesmo em profundidade, de modo que a sondagem não atende a esta demanda.**
 - **Os métodos geofísicos empregados, com enormes ganhos de informação e facilidade operacional, apresentam-se muito mais adequados ao estudo em curso.**

Portanto, não há mais justificativa técnico-científica para se fazer sondagem.



PROJETO CIRCUITO DAS ÁGUAS

Contrato CODEMGE – FUNDEP 2018

