



# ESTUDO DA ORIGEM DAS ÁGUAS TERMAIS NA REGIÃO DA CHAPADA DOS VEADEIROS, GO: ASPECTOS HIDROQUÍMICOS E ISOTÓPICOS

Tassiane Pereira Junqueira

José Eloi Guimarães Campos

Flavio Henrique Freitas e Silva

Cristiane Oliveira de Moura

Uarian Ferreira da Silva

Jeremie Garnier

# Apresentação e Justificativa



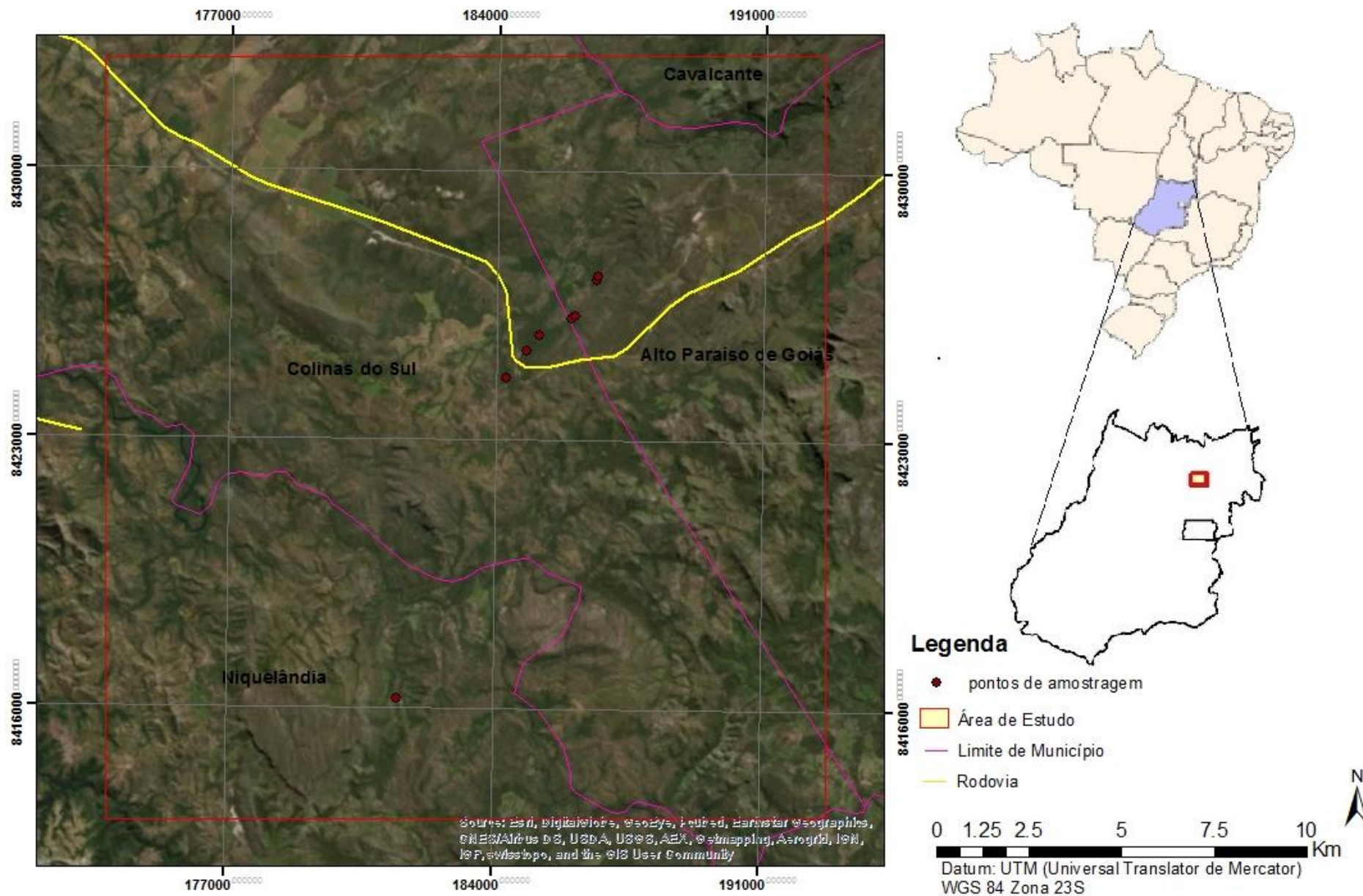
- ▶ Hidrotermalismo na região da Colinas do Sul, Alto Paraíso e Niquelândia (Goiás)
- ▶ Aumento do turismo na região nos últimos anos - Problemática
- ▶ Compreender e caracterizar o Sistema Aquífero Araí na região
- ▶ Análises hidroquímicas e de isótopos e padrão de circulação da água.

# Objetivos

- ▶ O objetivo geral deste trabalho é caracterizar os aquíferos termais na região de Colinas do Sul, Alto Paraíso de Goiás e Niquelândia, GO, com enfoque na origem e controles do hidrotermalismo.
- ▶ Destacam-se entre os objetivos específicos analisar os lineamentos, analisar os isótopos estáveis e composição química das águas subterrâneas da região nordeste do estado do Goiás



# MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE PONTOS HIDROTERMAIS NA REGIÃO DE CHAPADA DOS VEADEIROS (GOIAS)

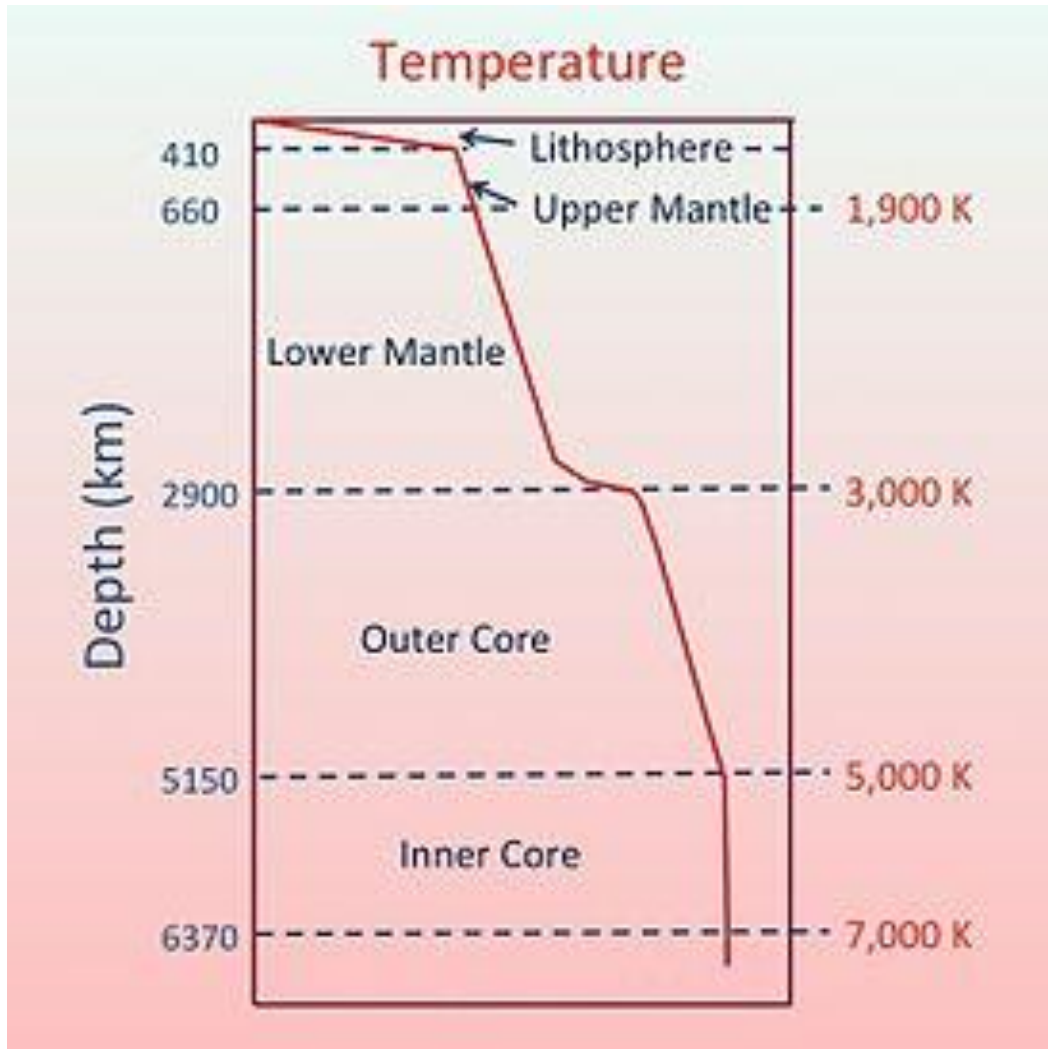


# HIDROTERMALISMO

- ▶ As águas subterrâneas podem apresentar temperaturas anômalas
- ▶ A origem do alto termalismo em águas subterrâneas pode ser descrita por dois processos:
  - associação com magmatismo
  - grau geotérmico



# AQUECIMENTO POR GRAU GEOTÉRMICO



- ▶ Gradação ou taxa de aumento de temperatura por unidade de profundidade no sentido ao centro da Terra.
- ▶ É definido por diagrama temperatura x profundidade ou pressão litostática

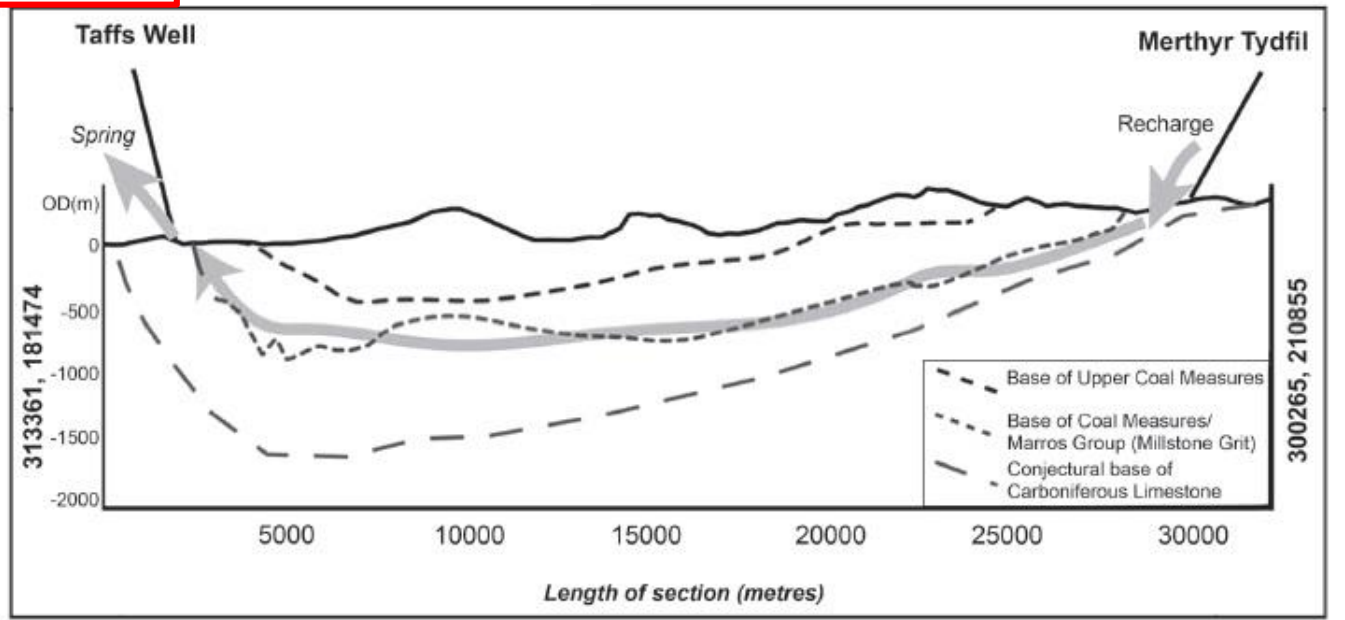
# Estado da Arte- Casos no Mundo

- ▶ Chelnokov *et al.* (2015) caracteriza o Sistema Aquífero de Southern Primorye (Rússia) a partir de análise química das águas subterrâneas termais
- ▶ Szocsa *et al.* (2013) utiliza análise dos isótopos estáveis  $^{18}\text{O}$ , isótopos radioativos ( $^{14}\text{C}$ ) e Trítio para calcular a idade de circulação das águas termais da Bacia Pannonian (Hungria);
- ▶ Farr & Bottrell (2013) descrevem a hidroquímica e o fluxo regional das águas termais de Taffs Well, em Cardiff-UK, a partir de análise de parâmetros hidrodinâmicos, gases CFC e SF<sub>6</sub>, além da razão isotópica  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

Reference	Current study	Current study	Current study	Current study	Current study	Current study	Local Groundwater
Date	08/08/2008	04/02/2010	04/02/2010	02/07/2010	28/07/2010	MEAN	MEAN
Temp °C (YSI field meter)	22.3	21.7	21.7	22.2	22.1	22.0	15.4
pH <i>in situ</i>	—	—	7.6	—	7.6	7.6	7.6
Conductivity 25°C µS/cm	500	557	558	554	527	539	667
Dissolved oxygen %	6.0	15.5	11.8	—	4.0	9.3	91.7
Ca mg/l	42.2	41.2	41.4	41.2	41.4	41.5	79.2
Mg mg/l	23.8	23.1	23.3	23.2	23.4	23.4	23.4
Mg-Filt mg/l	23.5	23.5	23.6	—	23.7	23.6	23.3
Na mg	38.3	38.0	38.8	38.7	39.2	38.6	34.6
K mg/l	2.9	3.0	3.1	3.1	3.1	3.0	2.6
Fe µg/l	45	122	663	53	77	192	759
Fe-Filt µg/l	30	30	102	—	34	49	<30
Mn µg/l	135	157	416	167	172	209	41
Mn-Filt µg/l	134	120	167	—	143	141	41
Sr µg/l	325	317	319	321	323	321	160
HCO <sub>3</sub> mg/l	275	261	261	248	260	261	296
Cl mg/l	37.3	36.1	35.9	36.4	35.8	36.3	61.8
SO <sub>4</sub> mg/l	19.0	19.0	19.0	18.7	19.1	19.0	23.2
Nitrate N mg/l	<0.196	<0.196	<0.196	<0.196	<0.196	<0.196	1.6
F mg/l	0.54	0.53	0.51	0.52	0.54	0.53	0.07

Table 1b: Water quality data from the Taffs Well thermal spring collected during the current study, compared with mean values for local groundwater (see also tables 1a and 1c). Temperature data are from a YSI556 field meter and not the *in situ* Solinst logger.

Figure 7: Regional conceptual model of the Taffs Well thermal spring.





# Estado da Arte- Caldas Novas

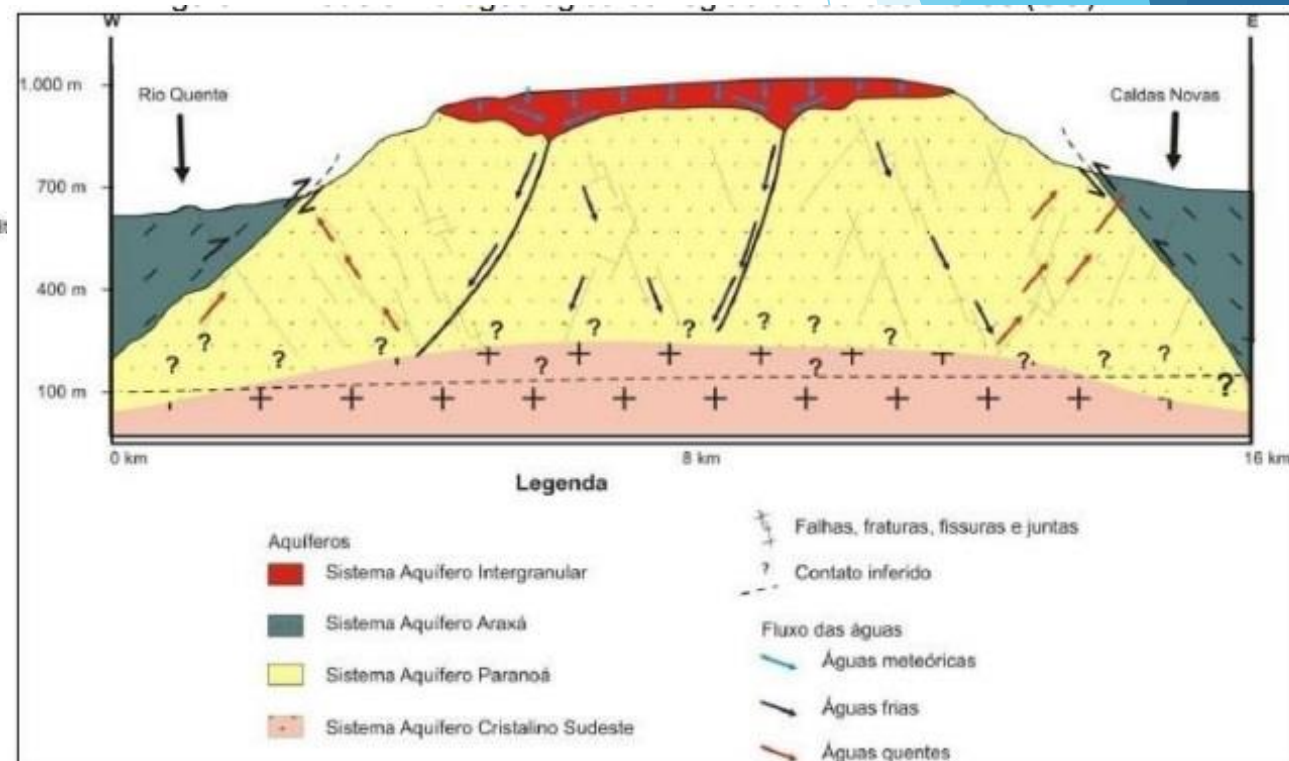
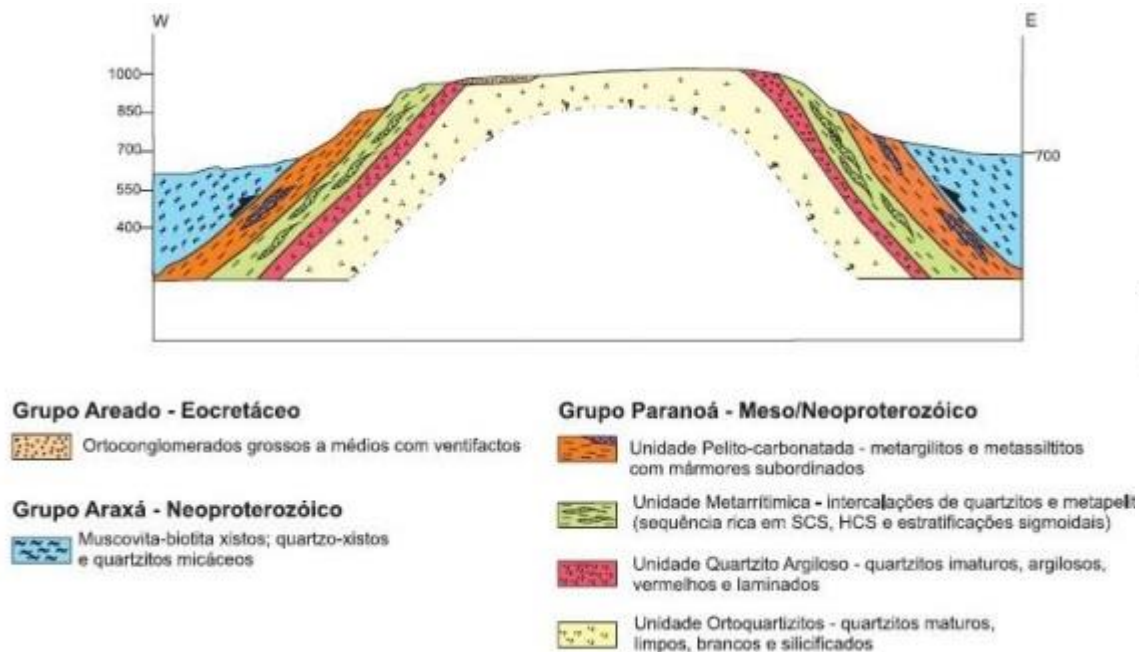


Maior caso de Hidrotermalismo sem associação com magmatismo do mundo

3 sistemas aquíferos foram distinguidos a partir de litologia, fluxo subterrâneo, química das águas e padrão de relevo

as águas das chuvas infiltram através do Latossolo e rochas falhadas e fraturadas, e descem até 1000m de profundidade

# Estado da Arte- Caldas Novas

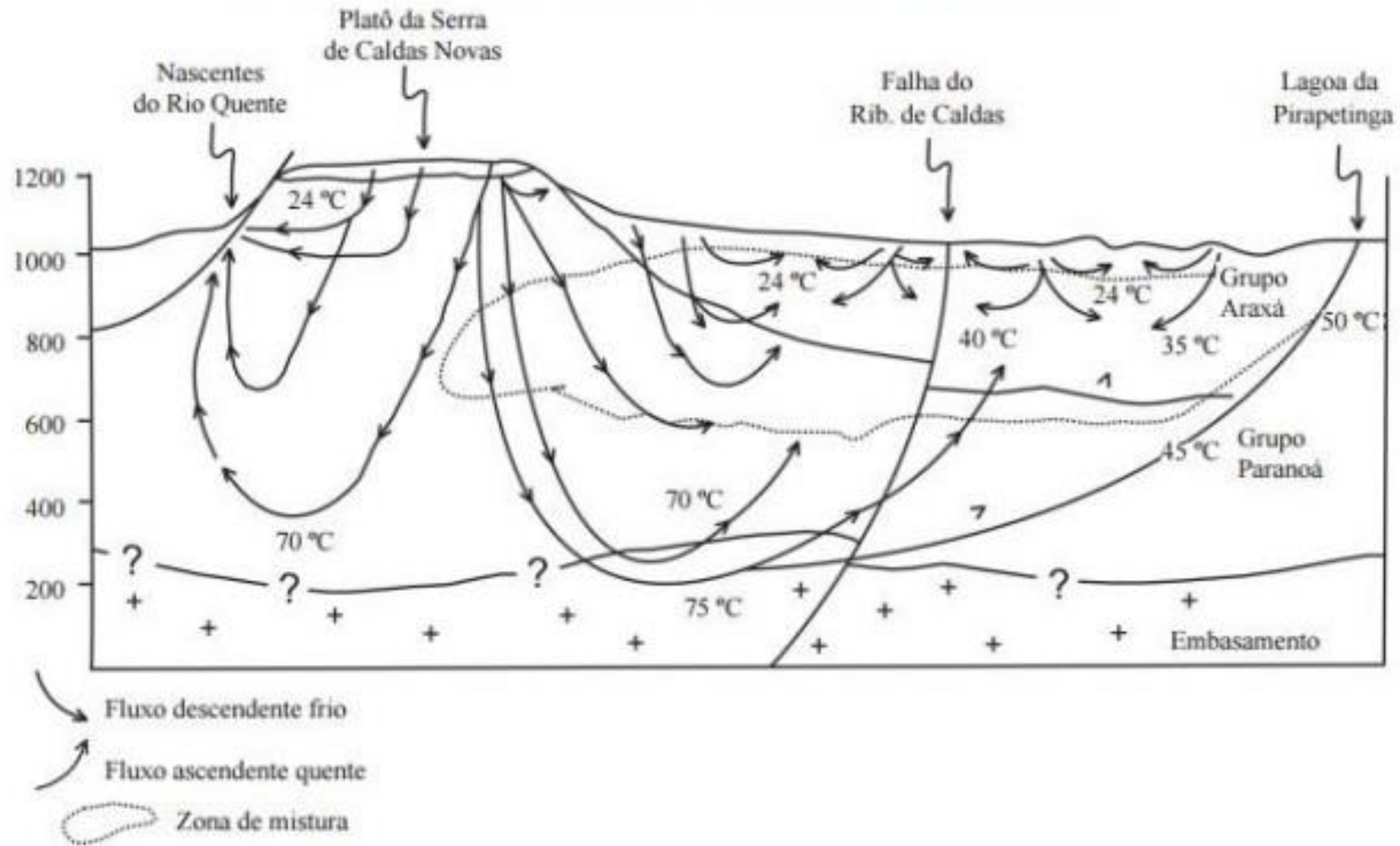


O modelo de fluxo foi gerado a partir de valores de vazão, idades de águas frias e termais, balanço hídrico local e dados de subsuperfície

Se considera um grau geotérmico de 30 graus por quilômetro

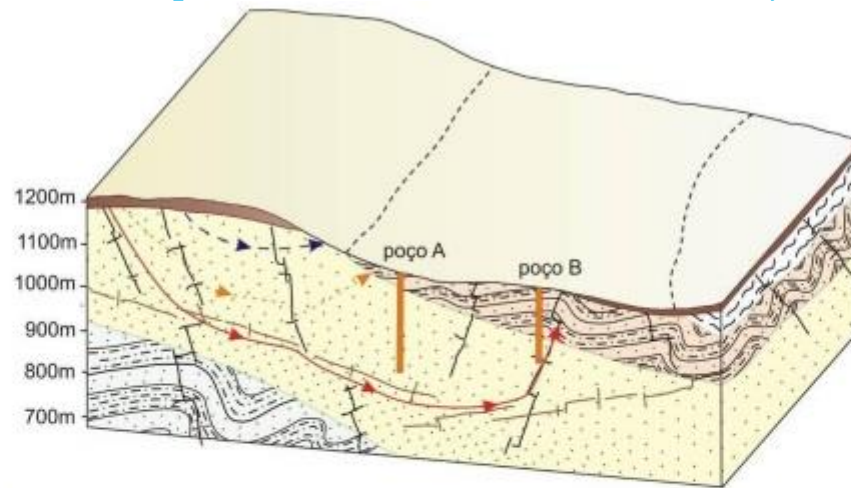
Fonte: Almeida (2011) apud Andrade et al. (2012).

- Ilustração esquemática de variações de temperatura e as trocas de calor potenciais entre os diferentes reservatórios/aquíferos.



Fonte: Campos & Almeida (2012).

# Estado da Arte- Hidrotermalismo no DF (Campos & Cunha, 2015)



**Figura 3.** Representação esquemática do modelo conceitual do aquífero na região sul do Distrito Federal. O Poço A representa situação de captação seca, pois não intercepta fraturas. O Poço B representa captação de águas do sistema de fluxo regional, com elevada vazão potencial e possibilidade de se interceptar águas naturalmente aquecidas.

$\mu\text{S/cm}$ , pH adimensional e demais substâncias em mg/l.

K	Cl	Ca	Fe	Na	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	Mg	Si	STD	pH	T	CE
0,68	0,03	16,4	2,4	0,27	4,33	95,0	10,6	8,12	112,6	7,15	28,9	161,6

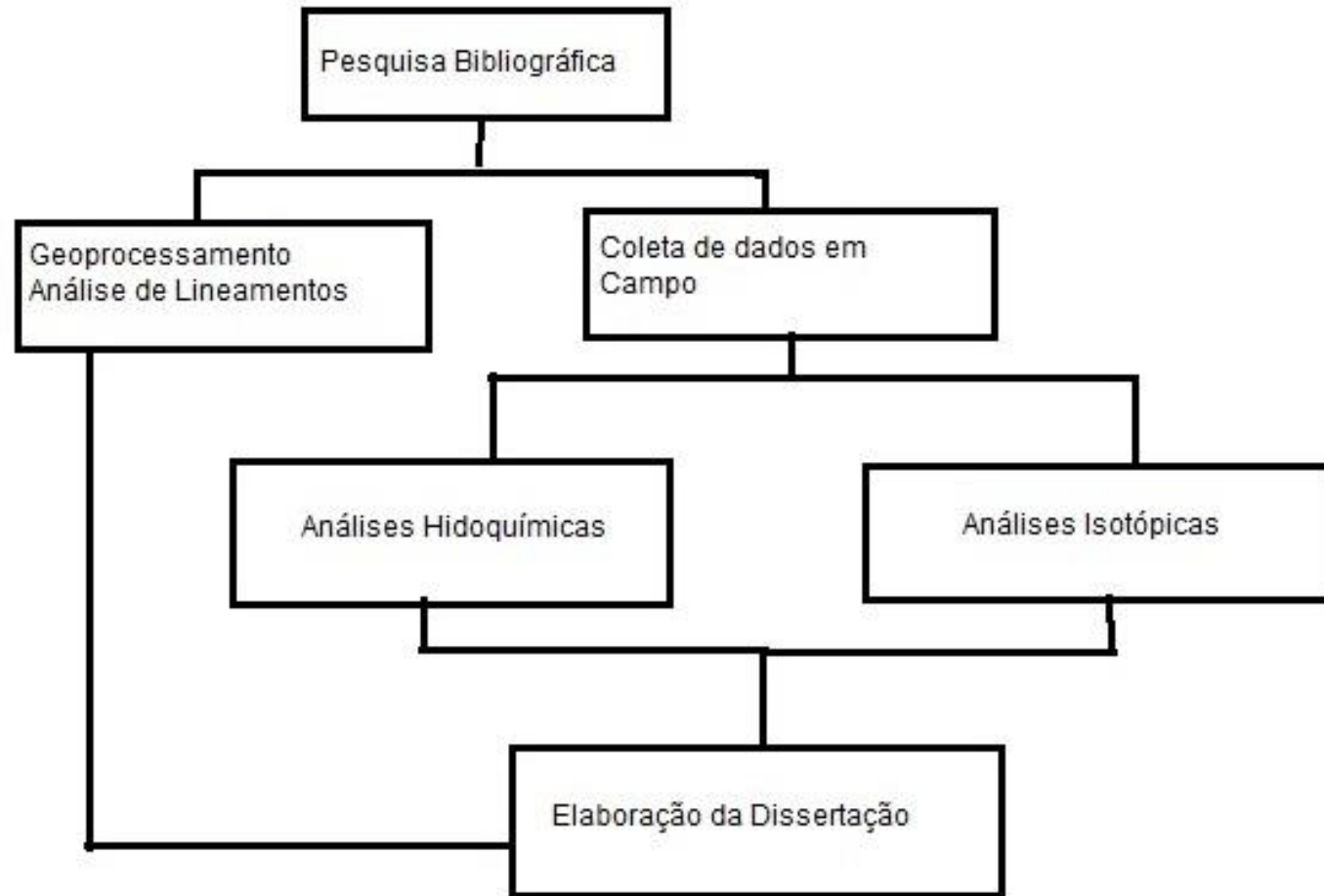
Nome da Amostra	$\delta^{13}\text{C}$	Erro	Percentual de Carbono moderno	Erro	Conteúdo de $^{14}\text{C}$	Erro	Idade $^{14}\text{C}$	Erro
AV-01	-14,6‰	±3	58,6	±0,51	-413,9	±5,1	4.290 anos AP	±60

**Tabela 3.** Resultado da análise do Carbono 14 para datação da água subterrânea obtida no Poço P4.

A presença de fraturas abertas a profundidades maiores que 300 metros e o sistema de fluxo regional são considerados os principais controles do aquecimento da água. No modelo proposto os poços interceptam fraturas ligadas ao sistema de fluxo regional

A idade das águas obtida pelo método do radiocarbono  $^{14}\text{C}$  resulta em  $4.260 \pm 60$  anos AP.

# Materiais e Métodos

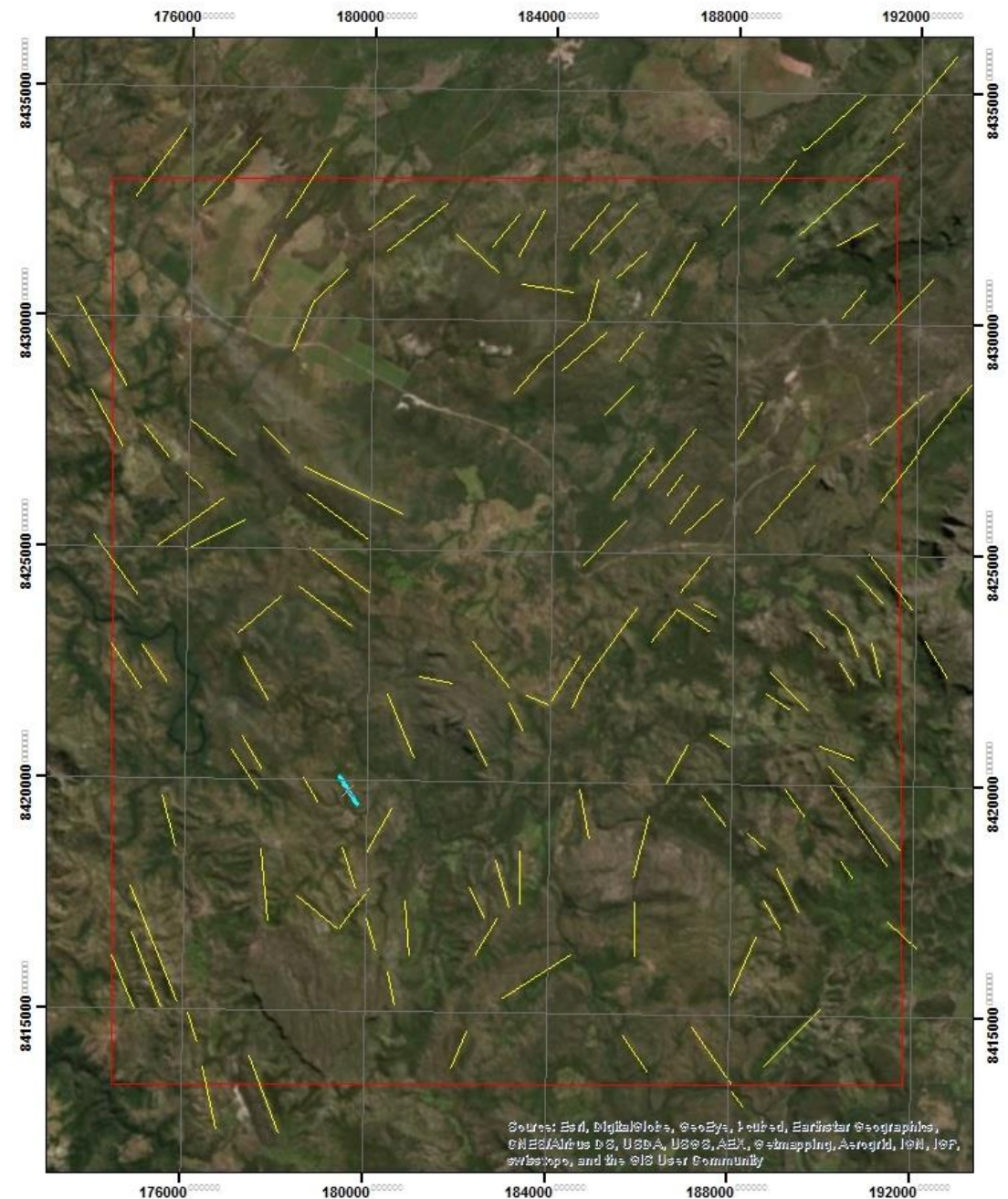
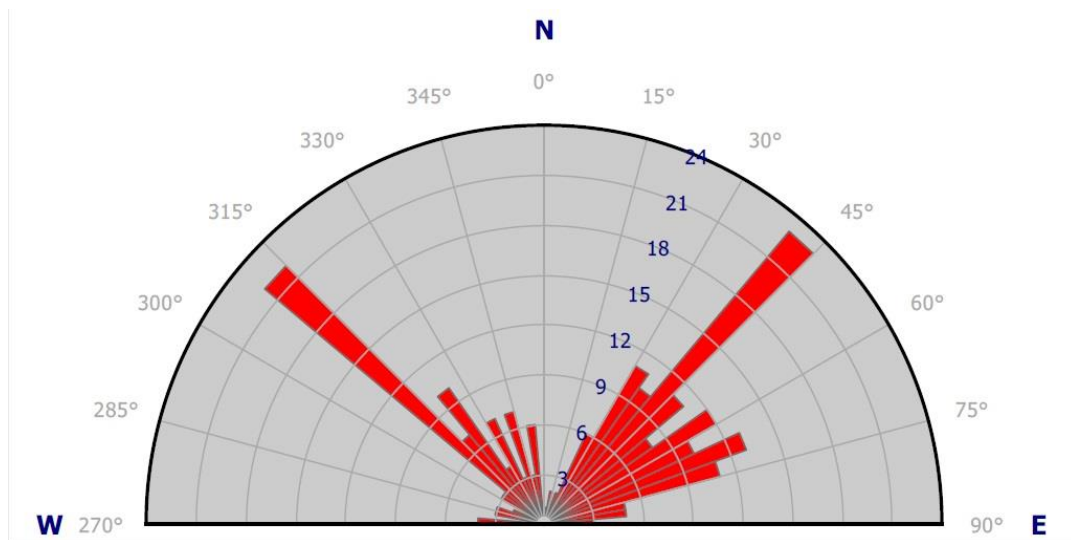


# Resultados Preliminares

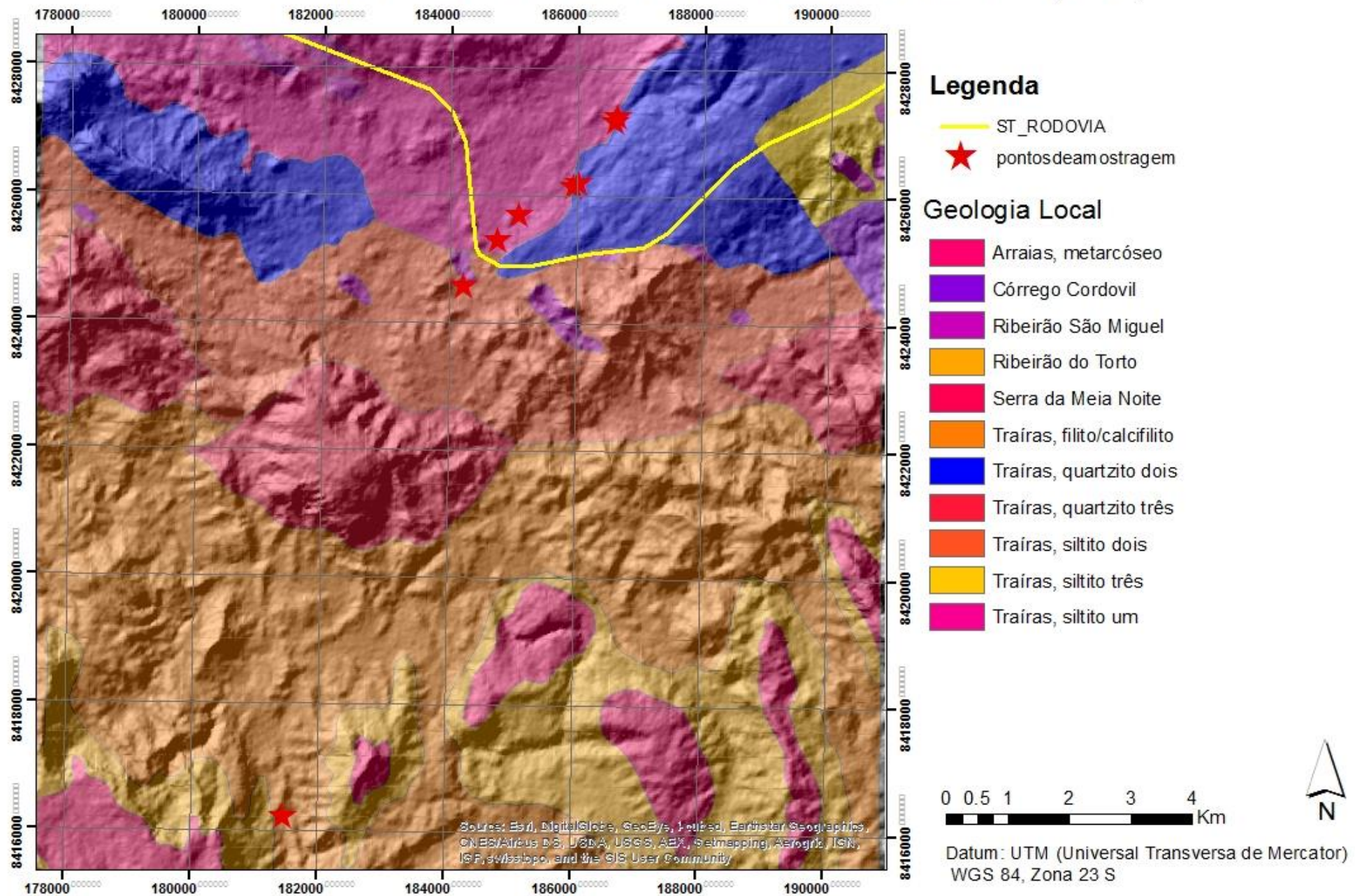
- ▶ 3 grandes conjuntos de fontes termais
  - Grupo 1- Morro da Água Quente
  - Grupo 2- Jequitibá, Morro Vermelho, Éden
  - Grupo 3- Rio Tocantinzinho
  - Dados hidroquímicos e mineralização das águas termais

# Lineamentos e Fraturamentos

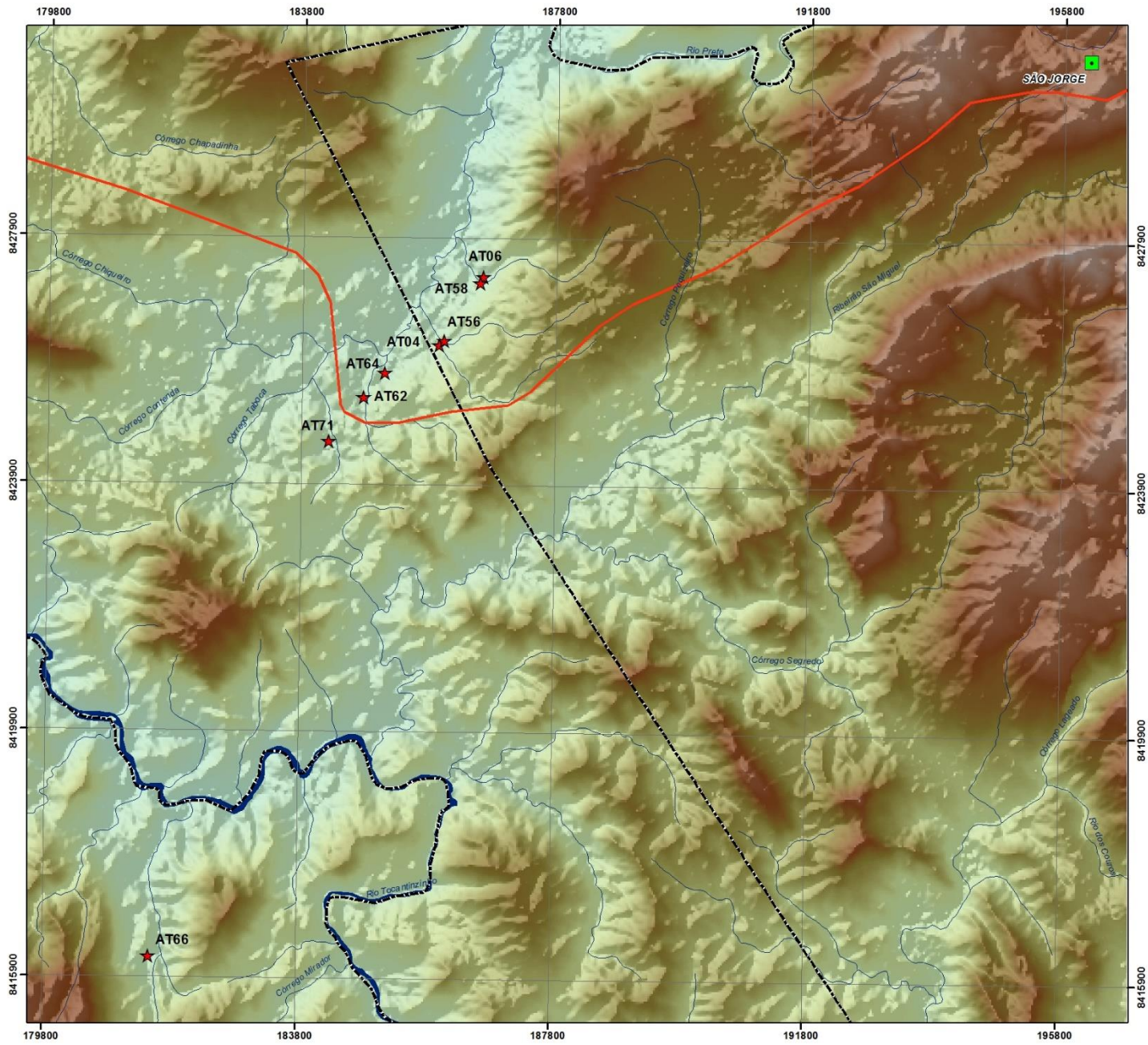
- Possíveis áreas de Recarga
- 3 famílias de Fraturas



# MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DA CHAPADA DOS VEADÉIROS (GOIÁS)



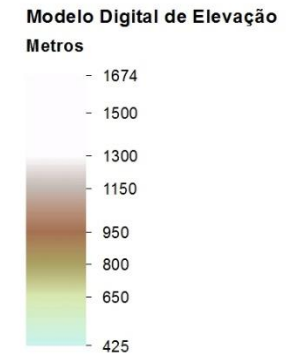




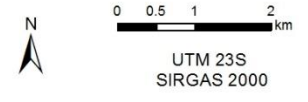
## Pontos de Amostragem Hidroquímica



- ★ Coleta de Água
- Localidade
- Rodovia
- Curso d'Água
- ⬜ Limite Municipal



- Fonte de Dados:**
- BDGex Hidrografia, 1976
  - DNIT Rodovias, 2010
  - IBGE Limite Municipal, 2010
  - SRTM Modelo Digital de Elevação, 2000



**OBRIGADA!**

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. These shapes are primarily located on the right side of the frame, creating a modern, layered effect against the white background.

# ESTUDO DA ORIGEM DAS ÁGUAS TERMAIS NA REGIÃO DA CHAPADA DOS VEADEIROS (GOIÁS): ASPECTOS HIDROQUÍMICOS E ISOTÓPICOS

Tassiane Pereira Junqueira<sup>1</sup>, José Eloi Guimarães Campos<sup>2</sup>, Flavio Henrique Freitas e Silva<sup>3</sup>,  
Cristiane Oliveira de Moura<sup>4</sup>, Uarian Ferreira da Silva<sup>5</sup> e Jeremie Garnier<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Geóloga, Brasília, tassijunqueira.geo@gmail.com, (61)984621901; <sup>2</sup> Geólogo, Brasília, eloi@unb.br, (61)999898167; <sup>3</sup> Geólogo, Brasília, fhfsilva@unb.br, (61)996682122; <sup>4</sup> Geóloga, Brasília, cmourageo@gmail.com, (61)999844838; <sup>5</sup> Advogado, Goiânia, uarian@uarianferreira.com.br (62)999844838; <sup>6</sup> Geólogo, Brasília, [jeremie@unb.br](mailto:jeremie@unb.br) (61)982374538

A água subterrânea compreende cerca de 51% do abastecimento humano no Brasil (Hidrogeologia do Estado do Goiás, 2006). A utilização desse recurso se intensificou nas últimas décadas, tendo em vista uma série de vantagens quando comparadas aos reservatórios superficiais, como menor vulnerabilidade e custo baixo de captação. Além disso, destaca-se a utilização de águas subterrâneas em temperaturas elevadas, que vem ganhando espaço, tanto para a geração de energia geotermal, quanto para lazer em balneários e parques. As águas subterrâneas podem apresentar temperaturas anômalas, superiores à média da temperatura da atmosfera em sua área de recarga. A origem do alto termalismo em águas subterrâneas pode ser descrita por dois processos: associação com magmatismo ou por grau geotérmico. No primeiro caso as águas são aquecidas a partir do calor emanado por intrusões, câmaras magmáticas ou caldeiras vulcânicas. No segundo caso, o aquecimento se dá exclusivamente pelo grau geotérmico vinculado ao gradiente local, viabilizado pela presença de falhas e fraturas no substrato, que permite que a água da superfície infiltre em formações com profundidades de até centenas de quilômetros (Campos & Cunha, 2015). A região abrange os municípios de Colinas do Sul, Alto Paraíso e Niquelândia, e é conhecida por ocorrências de nascentes hidrotermais, cujo aproveitamento se intensificou nos últimos anos. A fim de se compreender o Sistema Aquífero Araí na região, o presente trabalho propõe integração, tratamento e interpretação de dados que possibilitem a caracterização desse aquífero, com enfoque na geoquímica de águas termais. Análises hidroquímicas e de isótopos estáveis são elementos chaves para desvendar a origem da água, sua idade relativa, níveis de contaminação e padrão de circulação da água. Geotermometria, classificação das águas (com uso do diagrama de Piper), modelagem de equilíbrio geoquímico e modelagem termal permitem testar as hipóteses e desenvolver os modelos conceituais necessários à compreensão e utilização destes recursos considerados raros no Brasil, em função da ausência de eventos magmáticos recente. Estudos de lineamentos estruturais também serão aplicados na área de estudo, visando ao melhor entendimento do sistema de circulação da água subterrânea. Foram identificados dez pontos de fontes hidrotermais na região. Os dados levantados até o momento demonstram a presença de 3 grandes conjuntos

de fontes termais, o primeiro grupo corresponde àquelas com temperaturas variando entre 27 e 30 graus Celsius, localizado na base do Morro Água Quente, o segundo grupo é composto pelas fontes Jequitibá, Morro Vermelho e Éden, com temperaturas em torno de 32 a 36 graus Celsius. O terceiro grupo, representado por uma única fonte, localizada a sul do rio Tocantinzinho, mostra as mais altas temperaturas, em torno de 44 graus Celsius. Os dados hidroquímicos levantados *in situ* e em laboratório definem também três grupos hidrogeoquímicos: o primeiro obtido em fontes que afloram em siltitos e quartzitos, constituído de águas muito pouco mineralizadas; o segundo grupo, composto por fontes situadas em áreas com a presença de siltitos, quartzitos e rochas calcíferas, de mineralização moderada; o terceiro grupo representado pela fonte de mais alta temperatura, que aflora em meio a calcifilitos e mármore impuros é aquele que apresenta os mais altos teores de totais de sólidos dissolvidos (TDS). A origem das águas foco dos estudos, ainda carece de maior detalhamento, contudo, tendo em vista as elevadas vazões observadas, as próprias temperaturas e a ausência de corpos ígneos recentes, a principal hipótese é de que as fontes hidrotermais ocorrem por grau geotérmico a partir de fluxo hidrogeológico regional. Estes dados permitem interpretar que as águas quentes da região são predominantemente antigas, pois é necessário um intervalo de tempo grande desde que as águas de chuvas se infiltrem nas fendas das rochas até seu deságue nas nascentes naturais ou em poços tubulares. Por fim, é importante salientar que o conhecimento desde recursos hídricos é fundamental para sua gestão adequada, evitando assim problemas vinculados a sua exploração de forma não sustentável.

**Palavras chave:** Hidroquímica, Águas Termais, Sistema Aquífero Araí

#### Ficha de Inscrição

**Nome do projeto de pesquisa:** Estudo de Águas Termais da Região de Chapada dos Veadeiros  
(Goiás): Aspectos hidroquímicos e isotópicos

**Formato do projeto de pesquisa:** (  ) Pôster (  ) Vídeo

**Nome completo dos autores:**

Tassiane Pereira Junqueira - 02532906197  
José Eloi Guimarães Campos- 260.296.691-68  
Cristiane Moura- 791579711-53  
Flavio Freitas-421404396-00  
Jeremie Garnier-  
Uarian Ferreira da Silva- 260296691-68

**Cidade e UF dos autores:** Brasília-DF

**E-mail dos autores:**

[Tassijunqueira.geo@gmail.com](mailto:Tassijunqueira.geo@gmail.com)  
[eloi@unb.br](mailto:eloi@unb.br)  
[cmoura.geo@gmail.com](mailto:cmoura.geo@gmail.com)  
[fhfsilva@unb.br](mailto:fhfsilva@unb.br)  
[uarian@uarianferreira.com.br](mailto:uarian@uarianferreira.com.br)  
[jeremie@unb.br](mailto:jeremie@unb.br)

**Telefone (e DDD) dos autores:**

Tassiane P. Junqueira -(61) 98462-1901  
Cristiane Moura (61) 99984-4838  
Uarian Ferreira (62) 99977-7112  
Flávio Freitas Silva (61) 99668-2122  
José Eloi G.Campos (61) 99989-8167  
Jeremie Garnier - (61)982374538

I Jornada Científica da Chapada dos Veadeiros

Realização: UnB Cerrado - Universidade Federal de Goiás – Universidade Aberto Brasil  
Polo UAB Alto Paraíso de Goiás  
30 de novembro de 2018

[http://www.unbcerrado.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=31:i-jornada-cientifica-da-chapada-dos-veadeiros&catid=175&Itemid=101](http://www.unbcerrado.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=31:i-jornada-cientifica-da-chapada-dos-veadeiros&catid=175&Itemid=101)

(  ) Interesse em receber convite dos futuros eventos?