

Nº 179789

Os desafios e oportunidades da exploração do hidrogênio geológico no Brasil e no Mundo

Hugo Ferreira Saar

*Palestra apresentado no
GEOENG PETROLEUM,
2025, Campinas. 112
slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Os Desafios e Oportunidades da Exploração do Hidrogênio Geológico no Brasil e no Mundo.

CIMA – Cidade, Infraestrutura e Meio Ambiente

03.09.2025

Hugo Ferreira Saar
Geofísico
Pesquisador FIPT

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

Aqui tem IPT.

Exploração do Hidrogênio Geológico

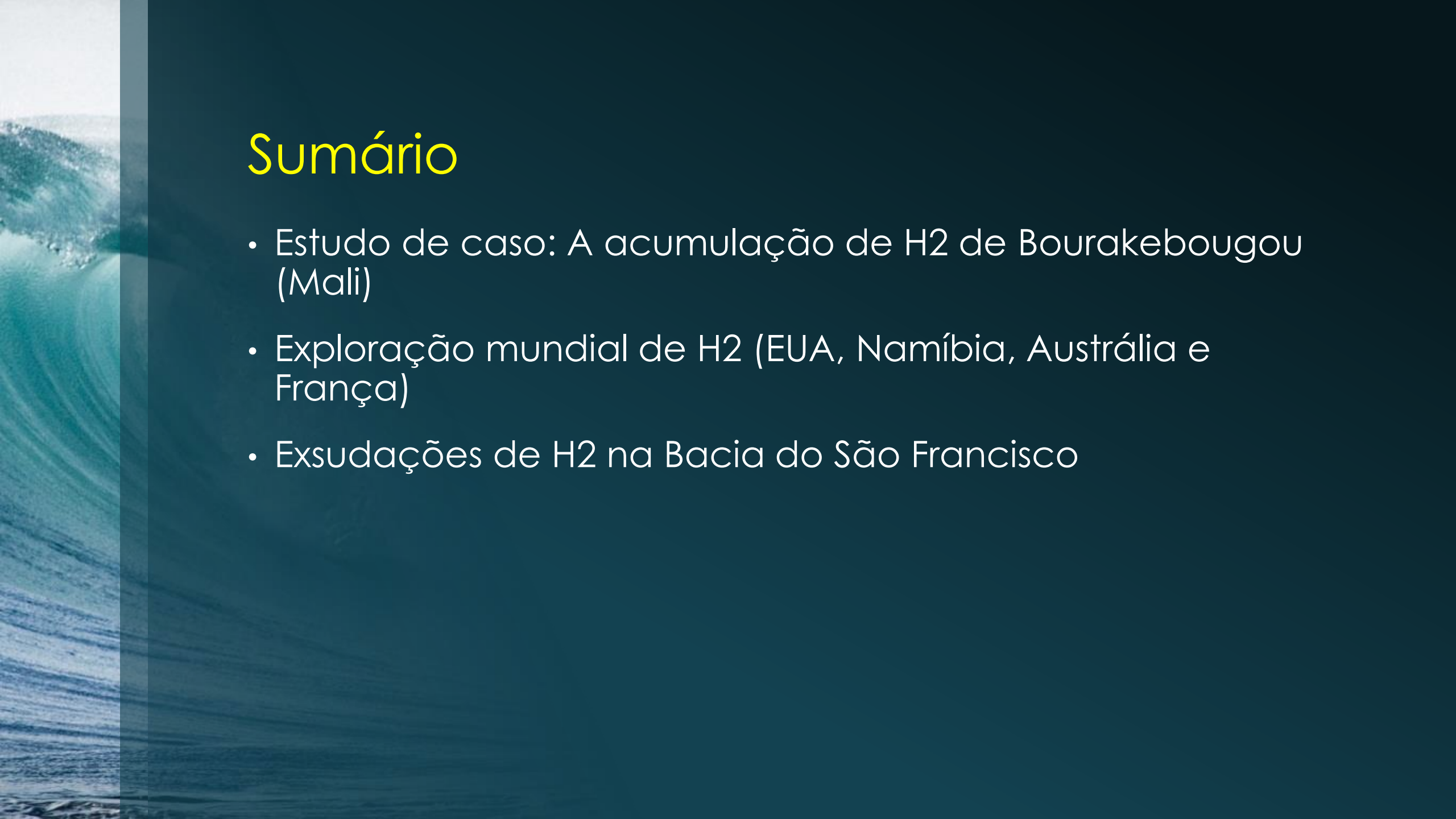


GEOENG
Petroleum
UNICAMP 2025

02 a 05 de
Setembro de 2025
FEM - Unicamp

Setembro

2025

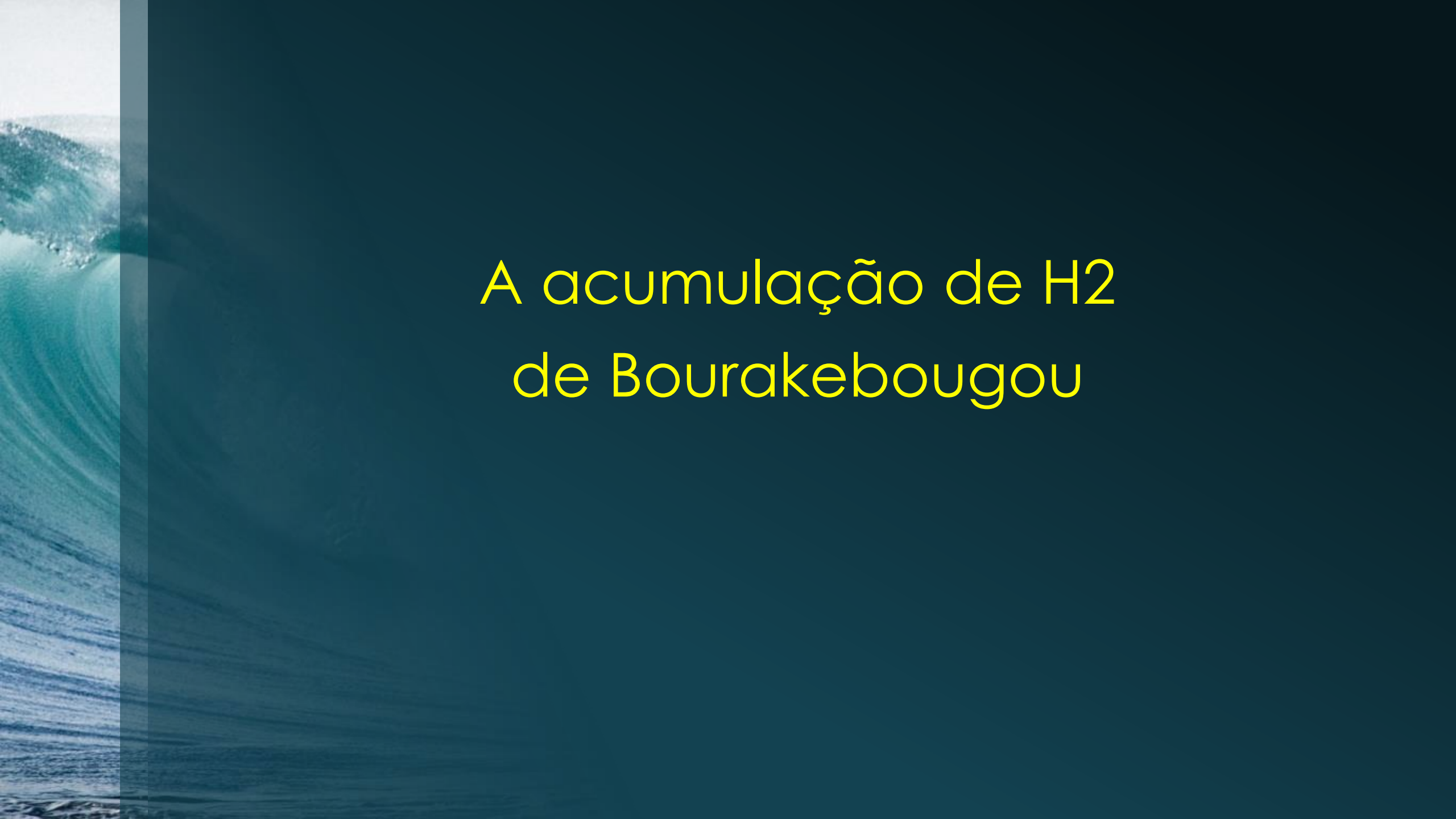


Sumário

- Estudo de caso: A acumulação de H₂ de Bourakebougou (Mali)
- Exploração mundial de H₂ (EUA, Namíbia, Austrália e França)
- Exsudações de H₂ na Bacia do São Francisco



MALI



A acumulação de H2 de Bourakebougou



“Caracterização da recarga espontânea dos reservatórios naturais de hidrogênio de Bourakebougou no Mali”

Characterization of the spontaneously recharging natural hydrogen reservoirs of Bourakebougou in Mali. Sci Rep 13, 11876 (2023).<https://doi.org/10.1038/s41598-023-38977-y>

(1) Omar Maiga

(1) Eric Deville

(1) Jérôme Laval

(2) Alain Prinzhofer

(3) Aliou Boubacar Diallo

(1) IFP-School, IFPEN, France.

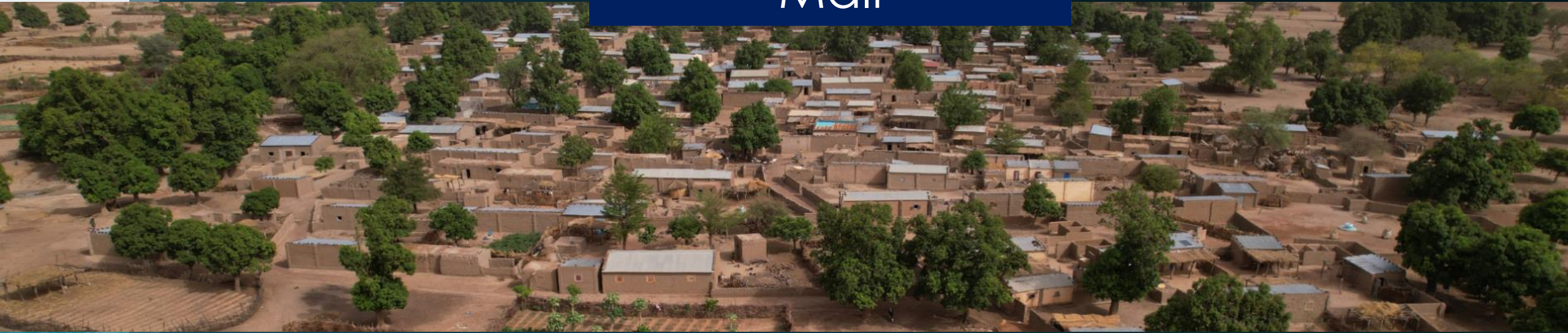
(2) GEO4U, Rio de Janeiro, Brazil.

(3) HYDROMA INC, Montréal, Québec, Canada.

Localização



Mali



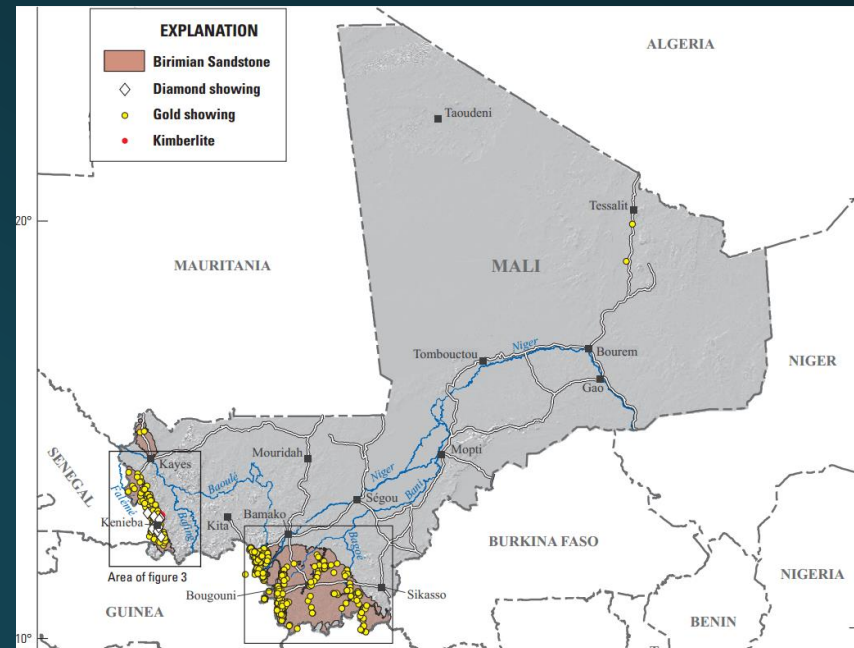
Typical village hut near Kenieba, Mali



Woman panning for alluvial gold in Kenieba, Mali, February 2007

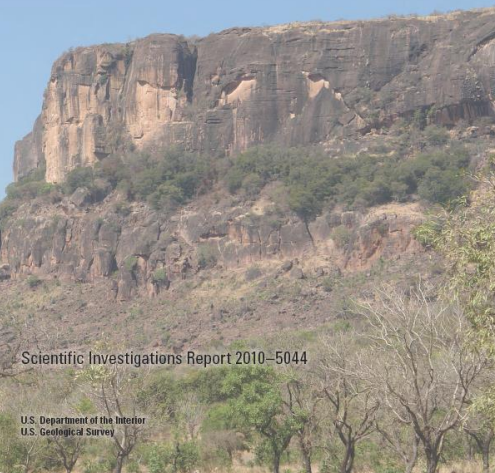


Artisanal gold washing on the Falamé River, February 2007



Prepared in cooperation with the Bureau de Recherches Géologiques et Minières and the Direction Nationale de la Géologie et des Mines under the auspices of the U.S. Department of State

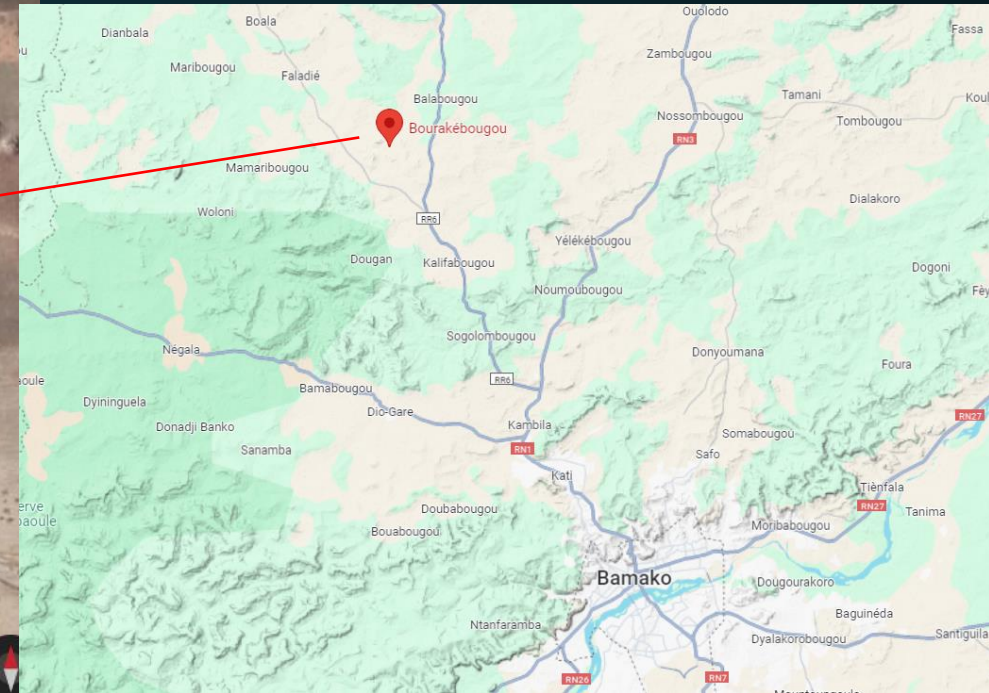
Alluvial Diamond Resource Potential and Production Capacity Assessment of Mali



Scientific Investigations Report 2010-5044

U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

Bourakebougou



Histórico exploratório H2

Introdução

- Há uma corrida atual para encontrar formas de produzir hidrogênio com menor custo e, preferencialmente verde (a partir da biomassa).
- O **hidrogênio natural oferece uma solução promissora**, e a descoberta de Bourakebougou é um bom exemplo de como o H₂ pode ser produzido diretamente do ambiente geológico.
- A acumulação de Hidrogênio de Bourakebougou oferece **uma oportunidade única para que os geocientistas possam determinar as principais características de um reservatório natural de hidrogênio**.
- O artigo apresenta os resultados dos estudos de **testemunhagem, perfilagem e geoquímica**, que foram realizados para caracterizar o natureza dos reservatórios de H₂ de Bourakebougou.

A Descoberta

1987

Once upon a time...

- Em 1987 na aldeia de Bourakebougou, a 60 km ao Norte de Bamako, no Mali, durante uma **campanha de perfuração para água subterrânea**, um dos poços perfurados revelou-se seco.
- No dia seguinte, os aldeões notaram um fluxo incomum vindo do poço.
- Eles chamaram de volta os perfuradores que inadvertidamente atearam fogo ao poço acendendo um cigarro perto dele.
- O poço, que desde então foi identificado como portador de hidrogênio, foi então fechado, isolado e esquecido...

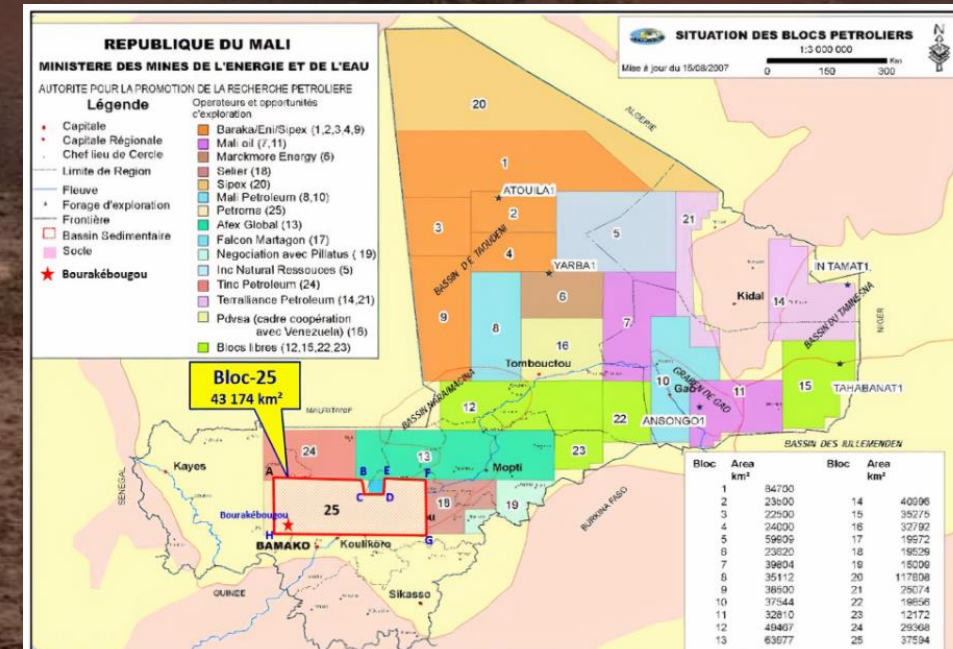
2006 -2007


PETROMA
BIENVENUE A BOURAKEBOUGOU

O nascimento da Petroma Inc.

A Petroma Inc adquiriu as suas primeiras licenças de exploração de petróleo para o Bloco 25 e o Bloco 17 no Mali, que foram posteriormente consolidados no Bloco 25 com uma superfície de 43.000 km² (maior que a Suíça).

Google



Exploração Geofísica

2008 -2011

- Uma campanha com sísmica passiva, levantamentos aéreos de gravimetria e geomagnetismo, bem como campanhas geofísicas e geoquímicas, foram realizados pela **Petroma** e por vários especialistas internacionais.
- Em 2011, a Petroma conduziu **a primeira campanha de perfuração estratigráfica no Mali** com 2 poços com profundidades máximas de 2.000 e 2.400 m respectivamente.
- Os dados confirmaram a presença de anomalias de amplitude (sísmica) e indicadores diretos de gás (**DHI**) e, portanto, a exploração avançou para as campanhas de perfuração.



Geophysical Studies

Resistivity instruments / Appareil de résistivité



Passive seismic campaign

Geodynamics Seismometers' data acquisition / Acquisition de données par sismomètres de Geodynamics

Exploração Geofísica

2008 -2011



Campagne sismique passive

Geodynamics' equipped vehicles for seismic passive / Véhicules équipés pour la passive sismique de Geodynamics

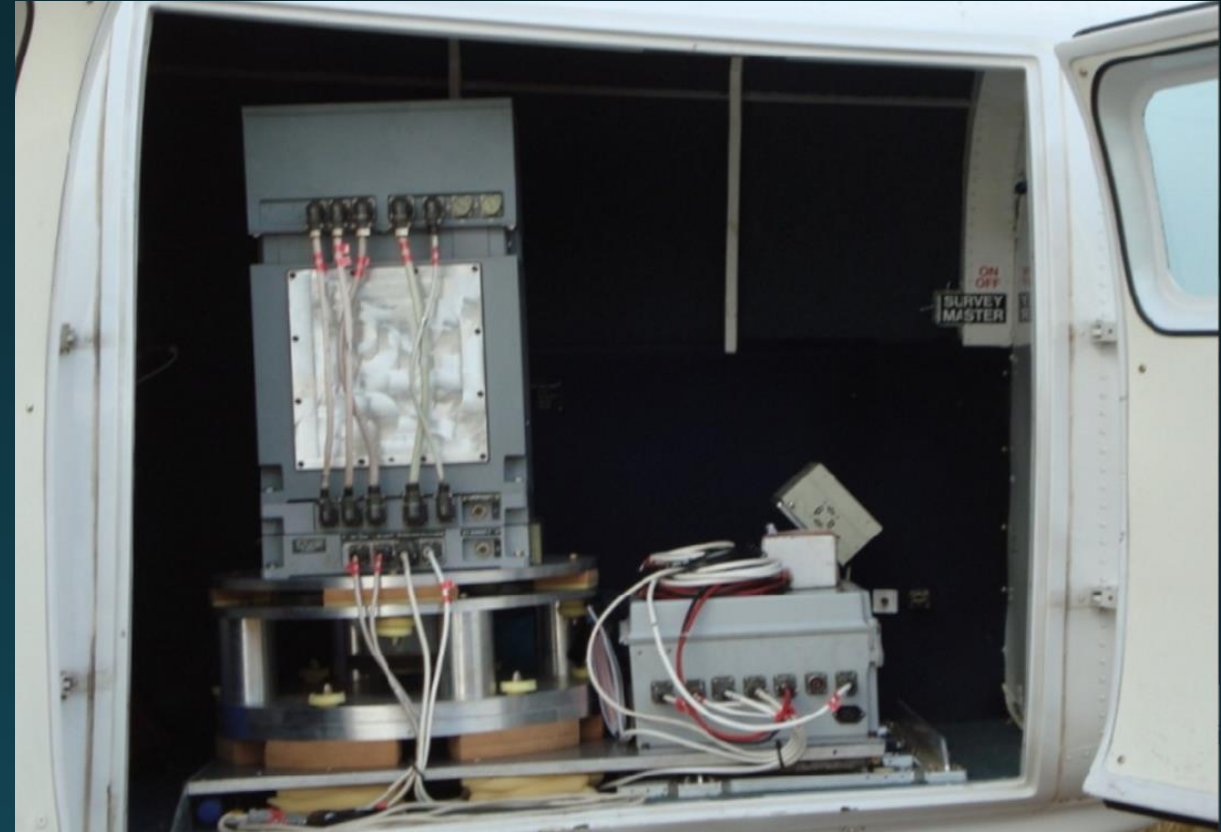


Passive seismic campaign

Geodynamics' passive seismic data acquisition / Acquisition de données passive sismiques de Geodynamics

Exploração Geofísica

2008 -2011



Exploração Geofísica 2008 -2011



Études géophysiques

Hammer truck - Seismic source / Camion Marteau - Source sismique

Campanha de Perfuração

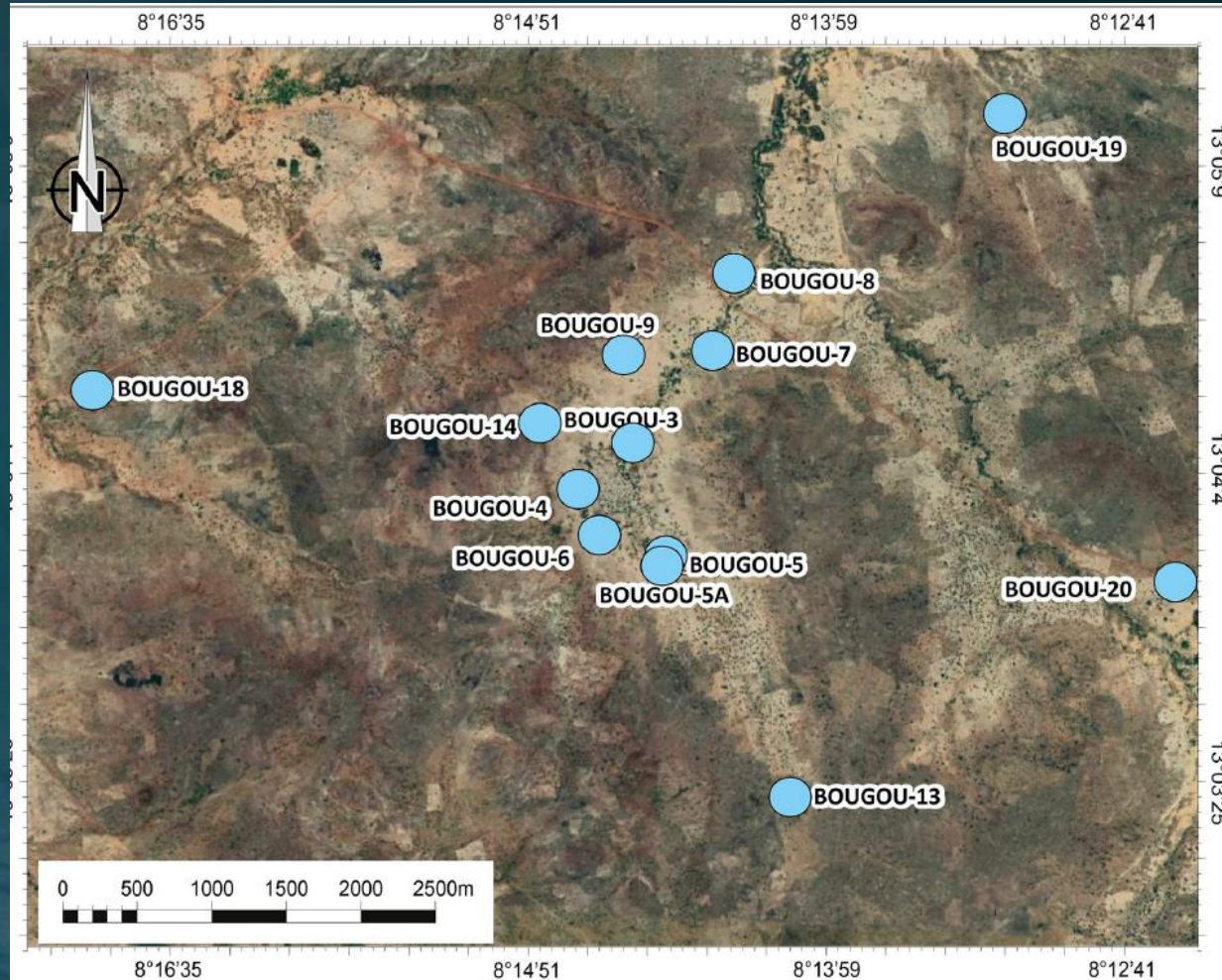
2016-2018



Drilling

Drilling Site / Site de forage

Localização dos poços



- O estudo teve por base os dados recolhidos durante o programa de exploração da **Petroma** em 2018.
- O estudo foi realizado com dados de treze poços:
- Bougou-3, Bougou-4, Bougou-5, Bougou-5A, Bougou-6, Bougou-7, Bougou-8, Bougou-9, Bougou-13, Bougou-14, Bougou-18, Bougou-19 e Bougou-20,

Figura 3. Mapa de posição dos treze poços utilizados neste estudo, com base em imagens de satélite Google Earth do Área de Bourakebougou (Mali)

Campanha de Perfuração

2016 -2018

- De 2016 a 2018, a empresa conduziu uma campanha de perfuração de mais de 20 poços entre 100 e 1.800m de profundidade.
- A campanha de perfuração de poços não confirmou a presença de HC, mas confirmou a presença de uma grande acumulação de hidrogênio natural com múltiplas rochas reservatório identificadas, destacando-se a curiosa dinâmica do fluxo deste hidrogênio natural.



Hyd



ROMA

BIENVENUE A BOURAKEBOUGOU

A Holding Petroma Inc. torna-se Hydroma Inc. em 2019.

O hidrogênio geológico passa a ser incluído na estratégia nacional alemã para o hidrogênio.

Chapman Petroleum Engineering (Canadá), publica o relatório NI 51.101 sobre as reservas estimadas de reservas naturais de hidrogênio em 2020.

No final de 2020, a Hydroma embarca no desenvolvimento do hidrogênio verde e inicia o Grande Acordo Verde da África Ocidental (W.A.B.G.D.), uma iniciativa que visa incluir o hidrogênio verde e natural na matriz energética africana.

Contexto Geológico

Geologia em Bourakebougou

- A área de estudo do campo Bourakebougou situa-se na parte sul da Mega-Bacia de Taoudeni, no Mali (Fig. 1a).
- O poço pioneiro (com objetivos hidrogeológicos) “Bougou-1” foi perfurado em formações sedimentares proterozóicas, intercaladas com soleiras de diabásio do Triássico.
- A seção inferior do Proterozóico possui baixo teor de matéria orgânica (**menos de 1%**).
- As rochas do embasamento são essencialmente compostas por granito, granodiorito, diorito e sienito.
- Acima do embasamento encontram-se **formações sedimentares de idade Neoproterozóica**, caracterizadas por formações **arenito-pelíticas**, **carbonatos** e **diamictitos**

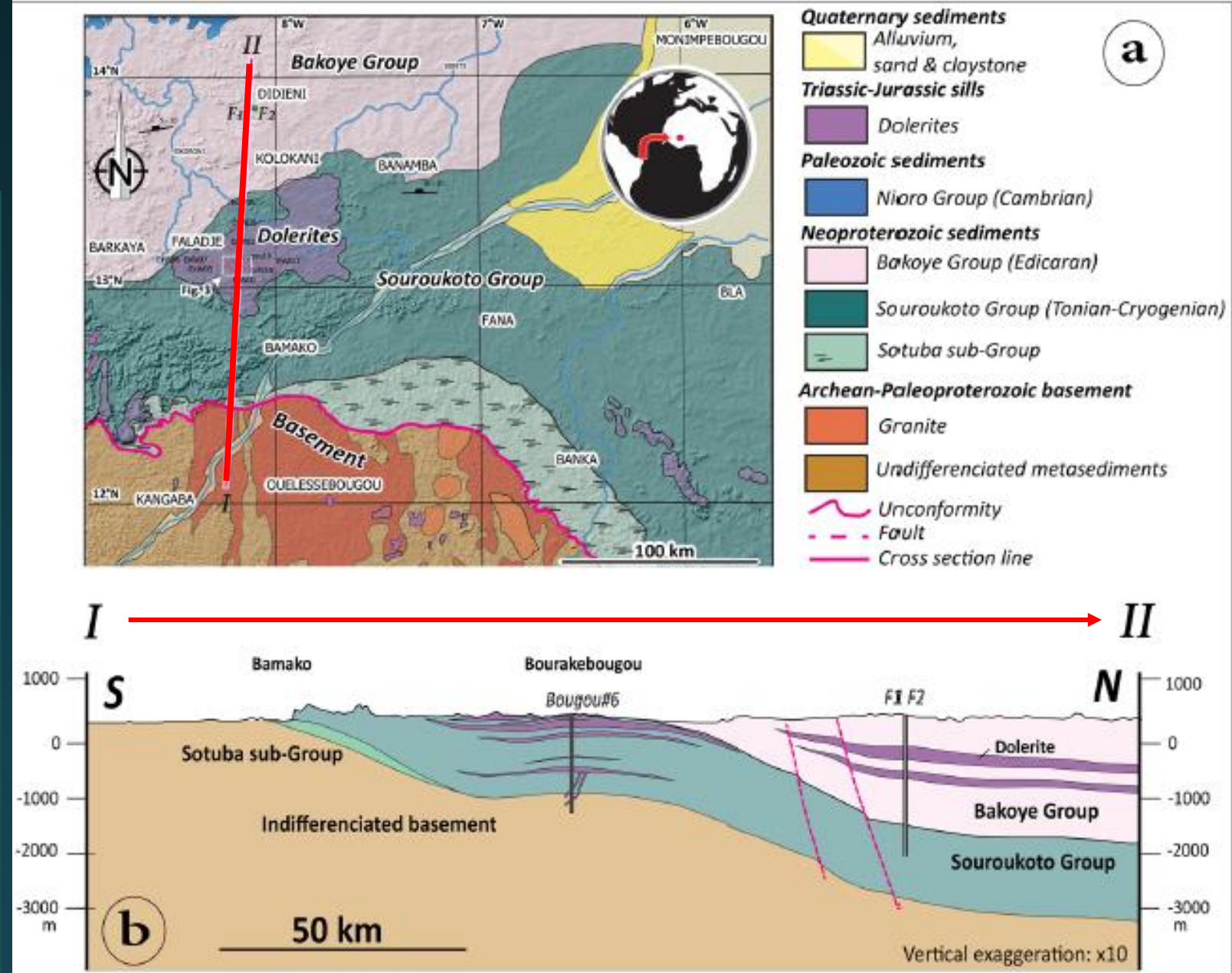
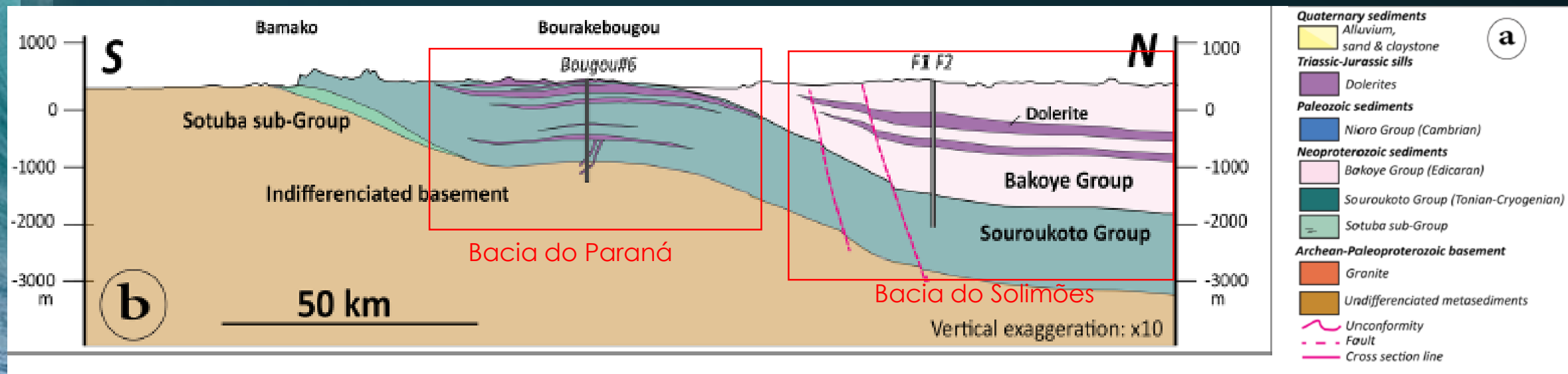


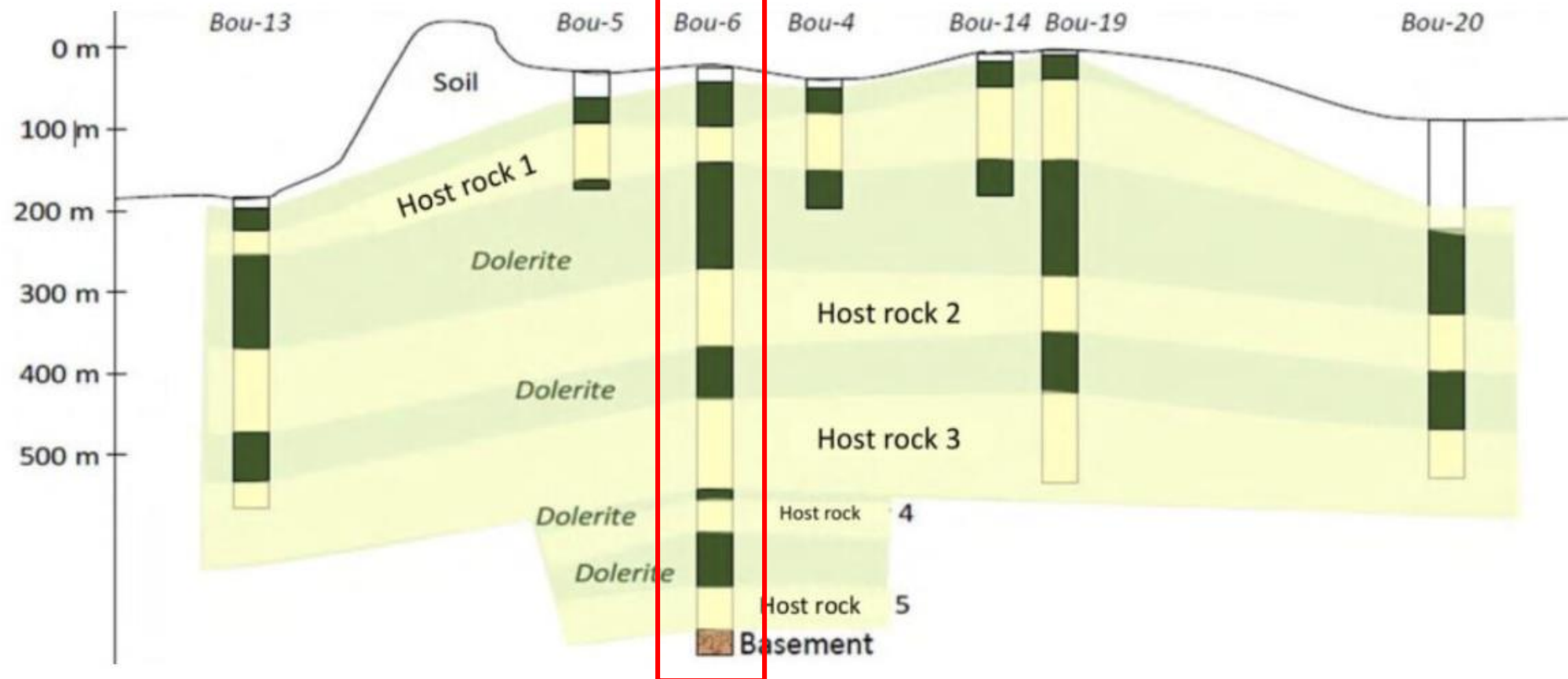
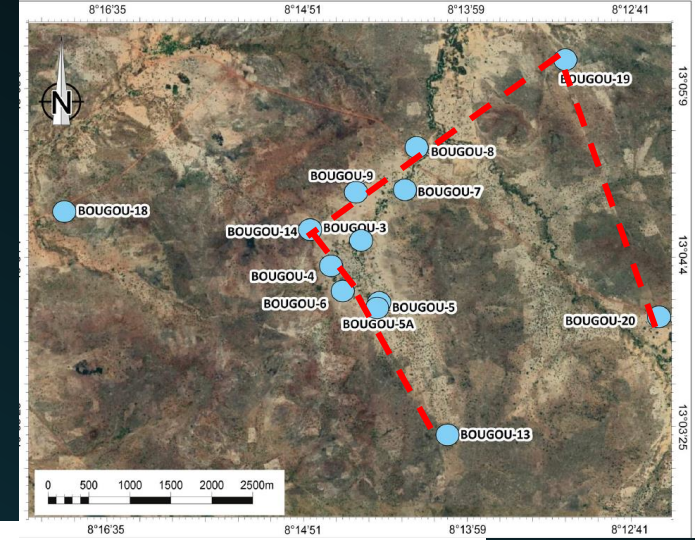
Figura 1. (a) Mapa geológico da área de estudo desenhado e modificado a partir do Mapa Geológico Global do Mali (1/1 500 000), DNGM, (b) Seção estrutural sintética e simplificada do estudo feito de acordo com o cruzamento de seção na Fig. 1 (a).

Contexto Geológico

- As soleiras de dolerita afetaram a maior parte das formações e formam uma cúpula no Grupo Souroukoto, o que pode contribuir para reter o hidrogênio (Fig. 1b).
- No campo Bourakebougou, um dos 20 poços (**Bougou-6**) chegou ao embasamento.
- Este poço serviu como um **registro estratigráfico** da área de estudo.

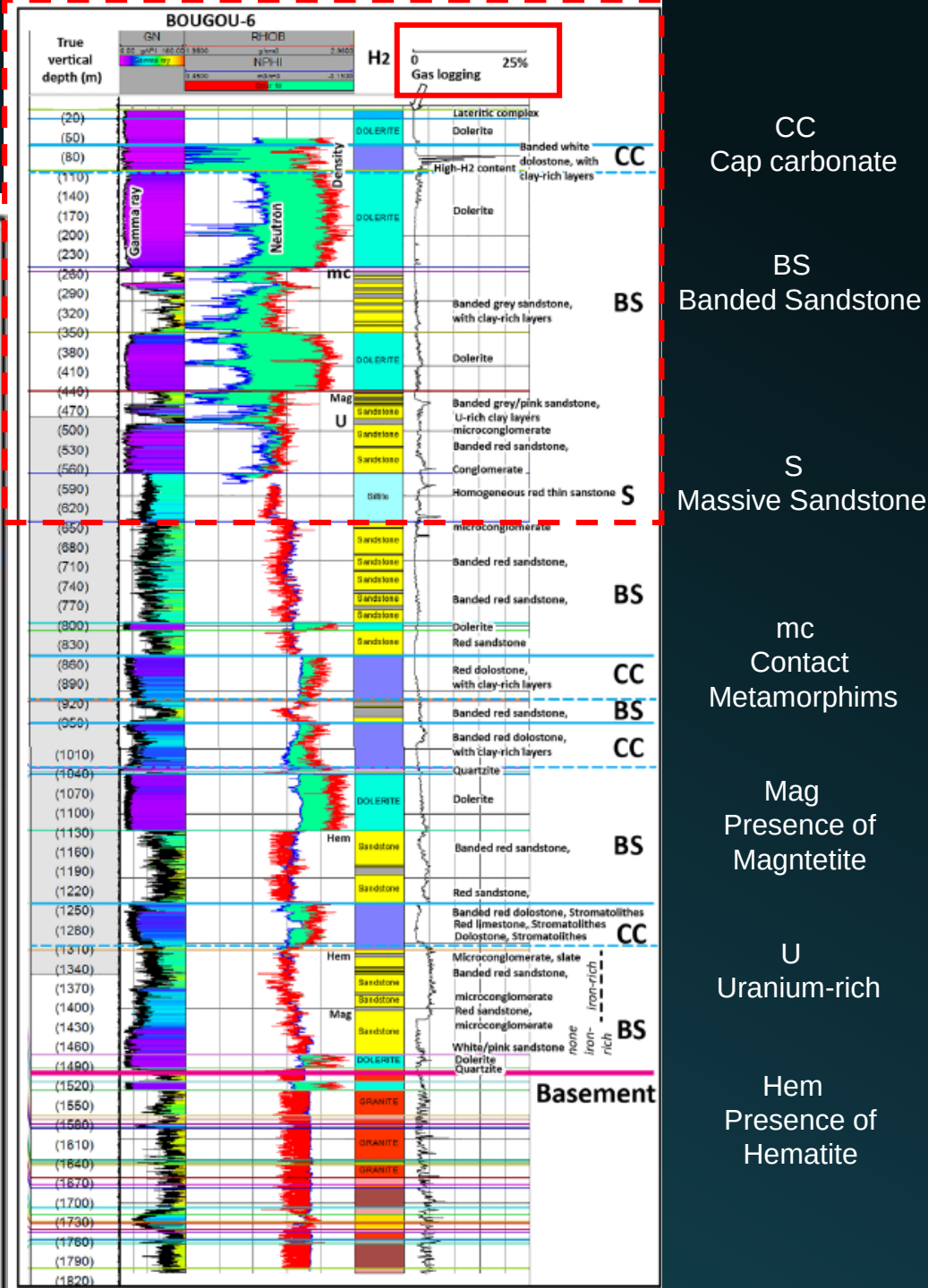
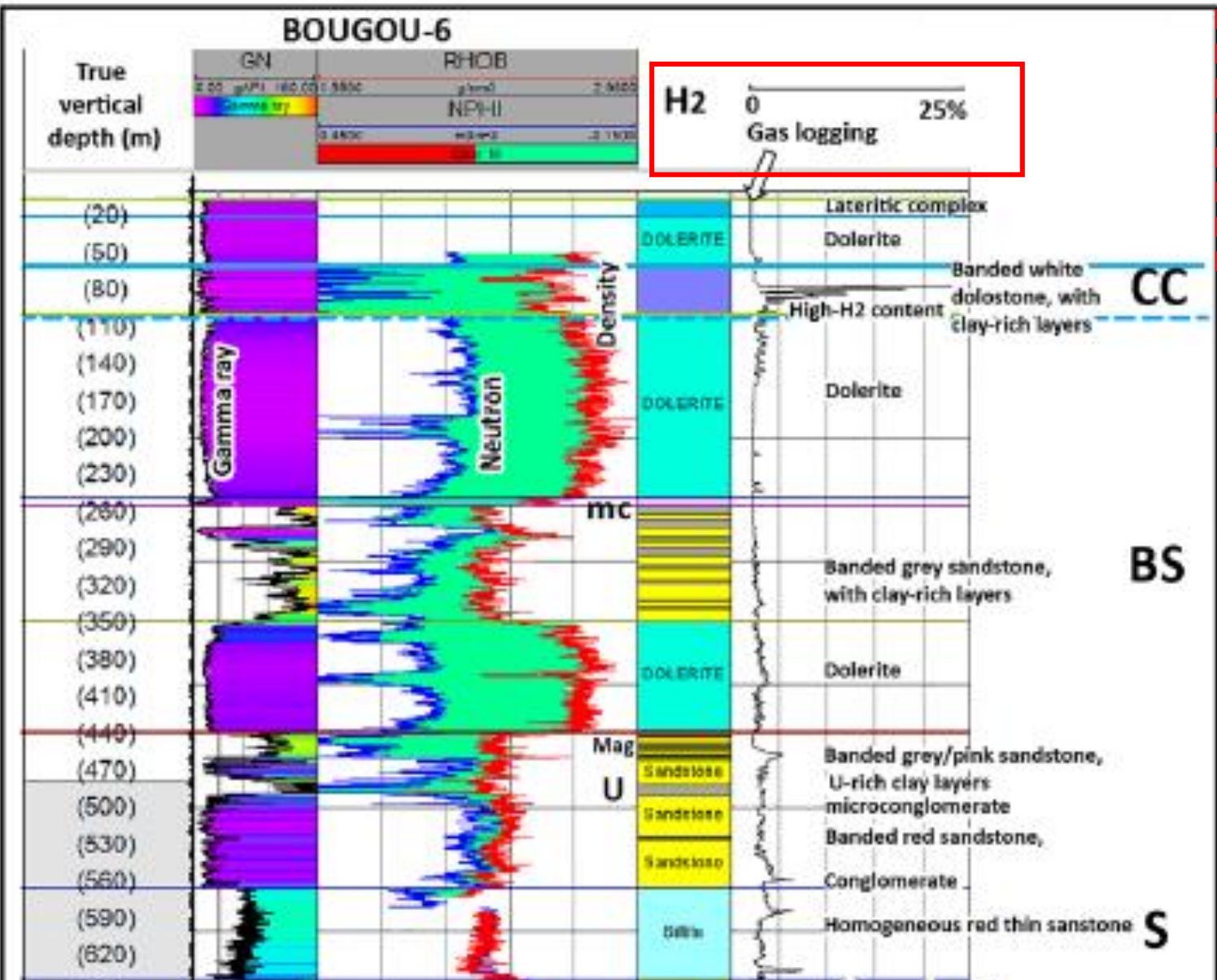


Seção Geológica



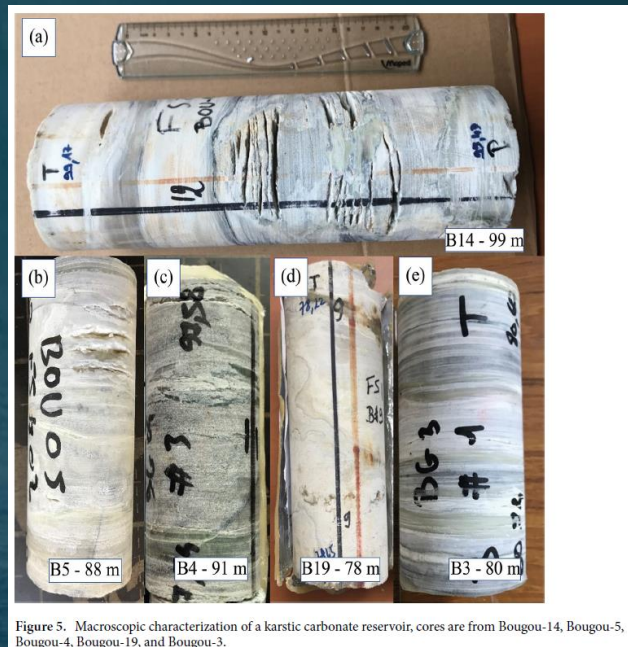
Caracterização do Reservatório carbonático

Perfilagem Bougou - 6



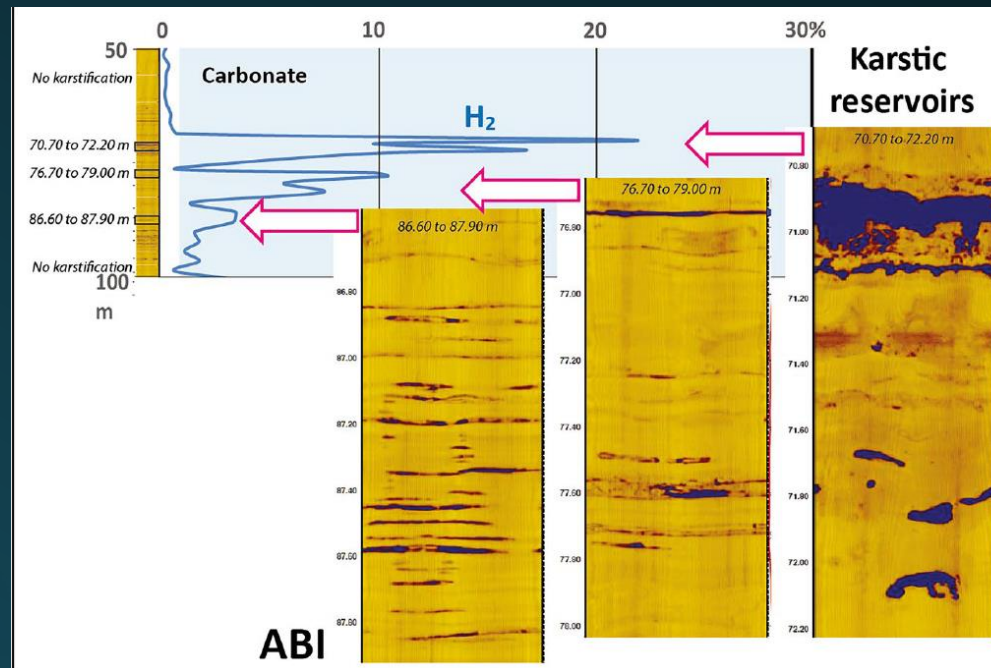
Reservatório

- O reservatório principal é mais raso, no qual o teor de H₂ é maior, é de carbonato dolomítico (carbonato neoproterozóico).
- Os carbonatos são amplamente carstificados e apresentam um alto grau de heterogeneidade na porosidade (0,21–14,32%).
- As imagens da perfuração nos reservatórios carbonáticos, mostraram que o acúmulo do hidrogênio ocorre na região cárstica, representando uma porosidade secundária na matriz rochosa.



Perfil de Imagem

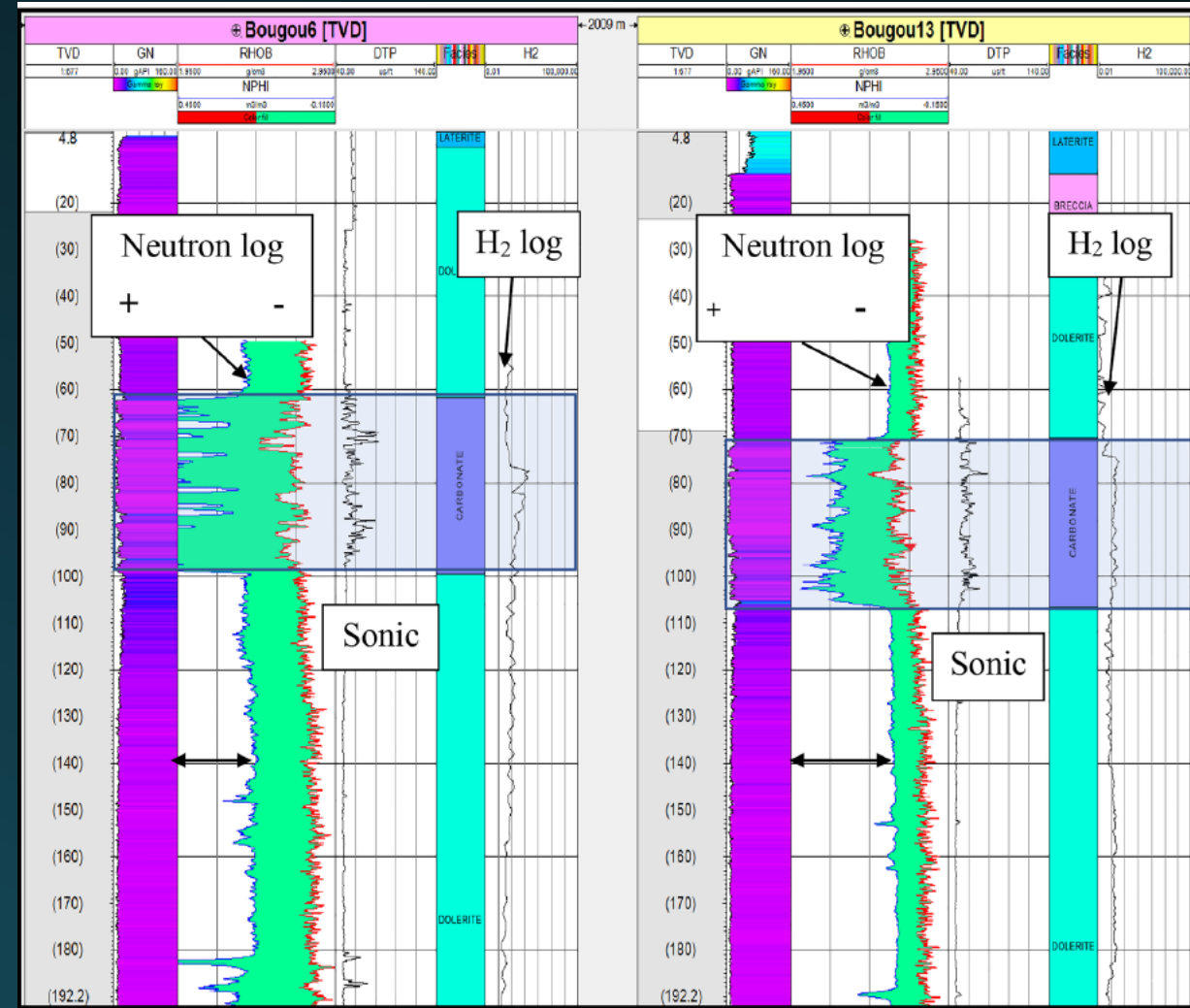
- A natureza cárstica e a presença de um sistema aquífero também são confirmadas pela **Acoustical Borehole Imaging (ABI)**.
- Os grandes vazios são observáveis em diferentes níveis dos reservatórios carbonáticos.



- Os picos de hidrogênio são correlacionáveis às zonas cársticas.
- Esta é a primeira vez que uma acumulação de H_2 em um reservatório carbonático cárstico foi mostrado.
- Observe que o valor de 30% amostrado durante o registro de gás é excepcionalmente alto porque há sempre uma quantidade importante de contaminação de ar nos registros de registro de gás.

Identificação da presença de hidrogênio por ferramentas de Perfilagem

- Assim como no primeiro reservatório cárstico do campo Bourakebougou, existe gás livre de hidrogênio, sendo então coerente que a porosidade nêutron (NPHI) fique superexcitada devido à quantidade de átomos de hidrogênio contado.
- Isto pode ser observado diretamente, quando se faz a **comparação de um poço com uma grande quantidade de hidrogênio, com outro poço com uma pequena quantidade de hidrogênio**.
- No caso do campo Bourakebougou, **o poço com maior concentração é o Poço Bougou-6, e aquele com menor concentração é Bougou-13**.
- Ao comparar esses dois poços, pode-se observar claramente que o poço Bougou-6 apresenta maiores valores de porosidade nêutron para a mesma formação, em comparação ao poço Bougou-13.
- Além disso, **no perfil sônico (DTP), também é observado uma diminuição da velocidade da onda P na zona principal do reservatório devido ao presença de fase gasosa**, o que é consistente com os resultados anteriores.

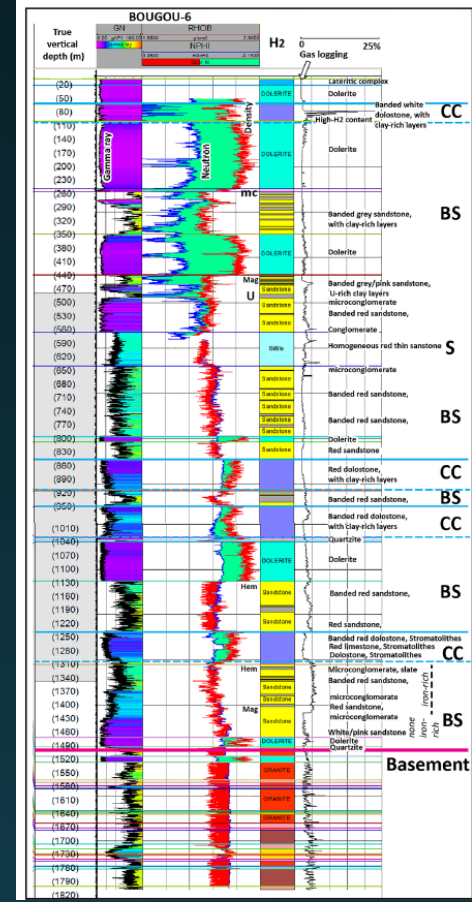
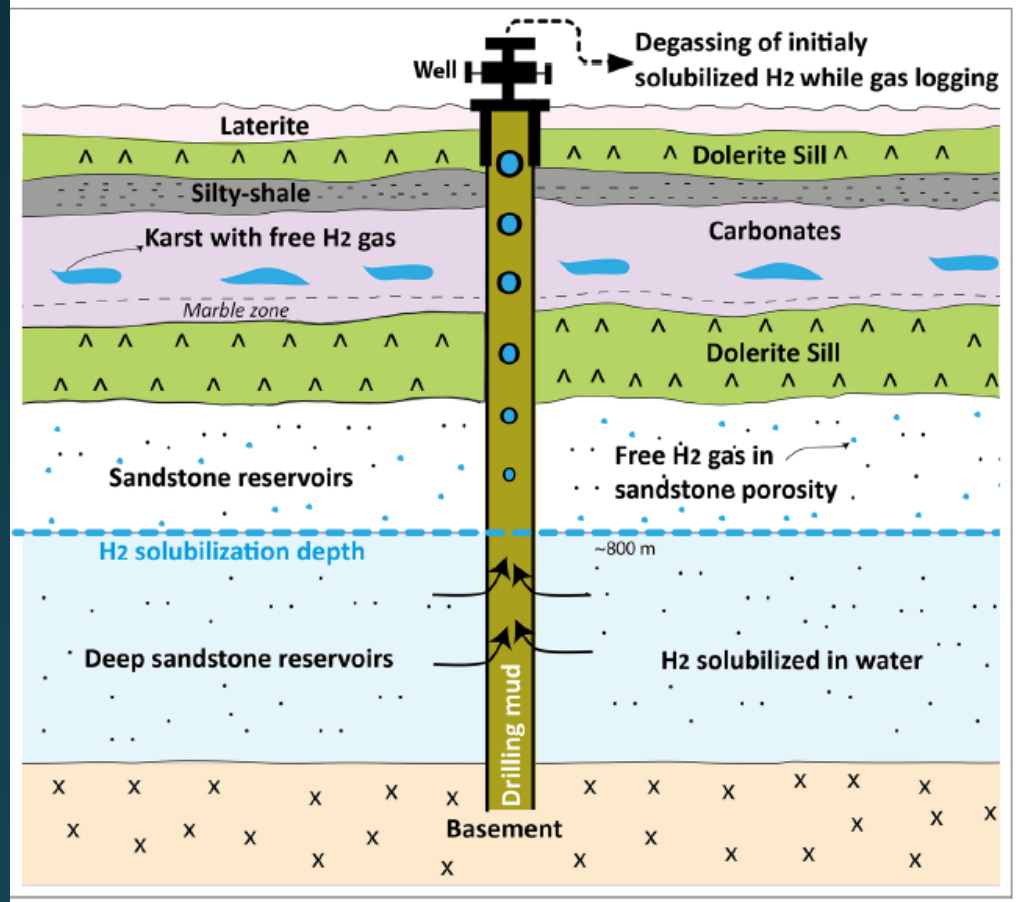


Teste de Produção

Teste de Produção

- O primeiro reservatório de H₂, que foi descoberto durante a perfuração para água subterrânea, mostrou um **fluxo aproximado de 1.500 m³ H₂/dia**.
- Ao analisar os dados de produção coletados desde a descoberta deste poço histórico, de 1987 até o presente, observou-se que **após 11 anos de operação para geração de eletricidade, não foi registrada nenhuma queda de pressão como seria de esperar com um reservatório convencional de petróleo e gás**.
- **Até à data**, foi observado um aumento de pressão (de 4,5 para 5 bar).
- Isso mostra que a acumulação de H₂ é progressivamente recarregada por um sistema dinâmico.
- No reservatório carbonático mais raso, a água desempenha um papel de barreira para os aquíferos rasos abaixo do lençol freático, nos quais o H₂ deve necessariamente migrar na forma gasosa (**devido à sua solubilidade quase nula a baixa pressão, o que torna a difusão cada vez menos eficiente em direção à superfície**).
- Isto poderia explicar porque existe essencialmente a presença de gás livre em reservatórios muito rasos, e nenhuma grande acumulação de gás livre descoberta em profundidade.

A vertical photograph of a large, curling ocean wave. The wave is a deep blue-green color, with a white, foamy crest that is curling over. The water surface is textured with small ripples. The sky above the wave is a clear, pale blue. The overall composition is dynamic and captures the power of the ocean.



Geração do H2

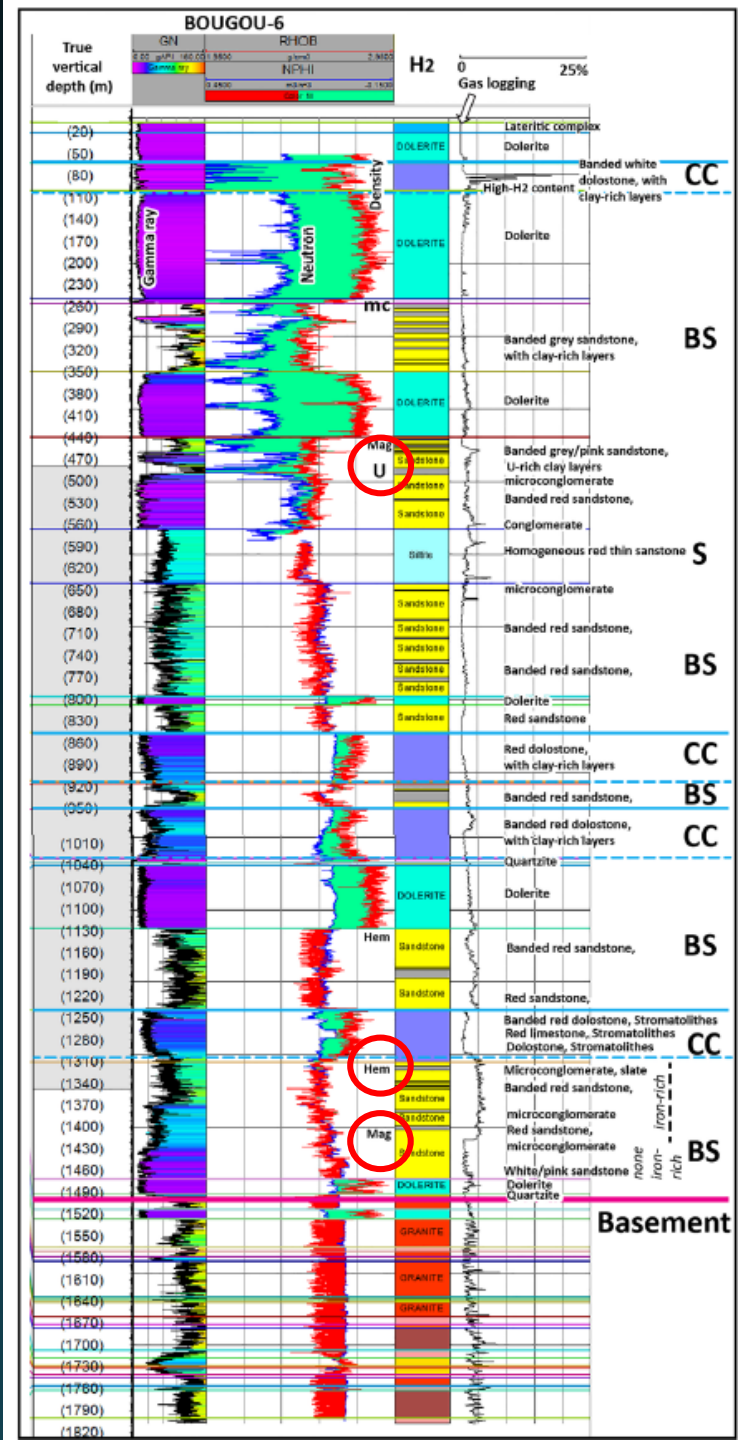
Nos reservatórios areníticos localizados na base da série, é observado um claro aumento de H2 na parte rica em ferro (Fig. 2 Hem/Mag)

Isto levanta a questão da possível oxidação de níveis ricos em ferro como fonte de H2.

Um estudo detalhado dessas formações ricas em ferro não foi realizado, mas o papel das formações ricas em ferro na geração de hidrogênio foi discutido por Geymond et. al. (2022).

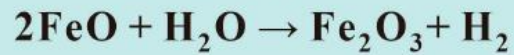
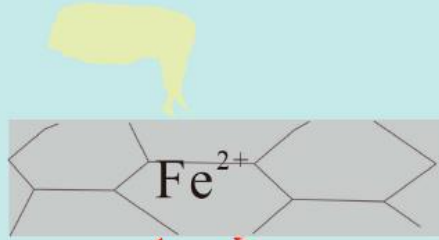
Em relação ao embasamento, o aumento constante do H2, que foi observado, sugere uma provável geração de hidrogênio.

Observe que a geração de H2 relacionada à radiólise não é favorecida nos sedimentos neoproterozóicos, porque não há aumento de H2 nas camadas com maiores valores de raios gama (Fig. 2 , ricas em urânio - U).

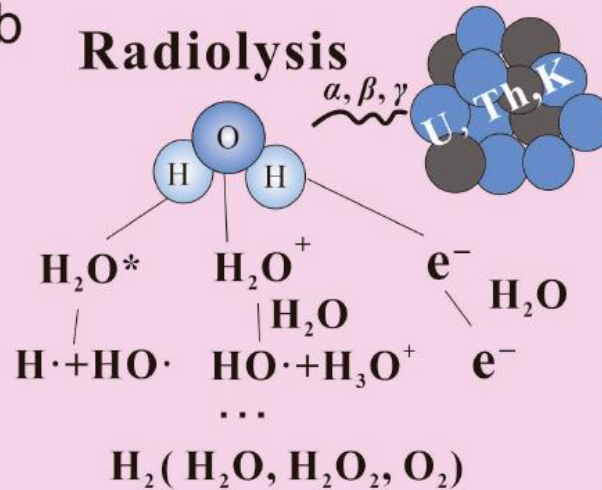


Geração do H₂

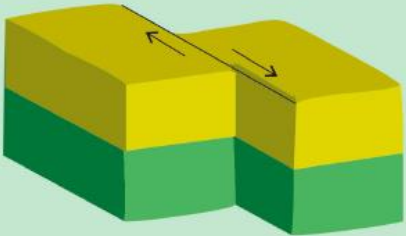
a Serpentinization



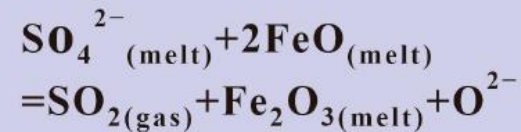
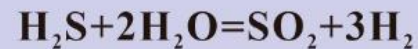
b Radiolysis



c Rock Fracturing



d Magma Degassing



O hidrogênio natural tem sido extensivamente estudado nas últimas décadas, nomeadamente após a descoberta de fluidos ricos em hidrogênio nas dorsais meso-oceânicas.

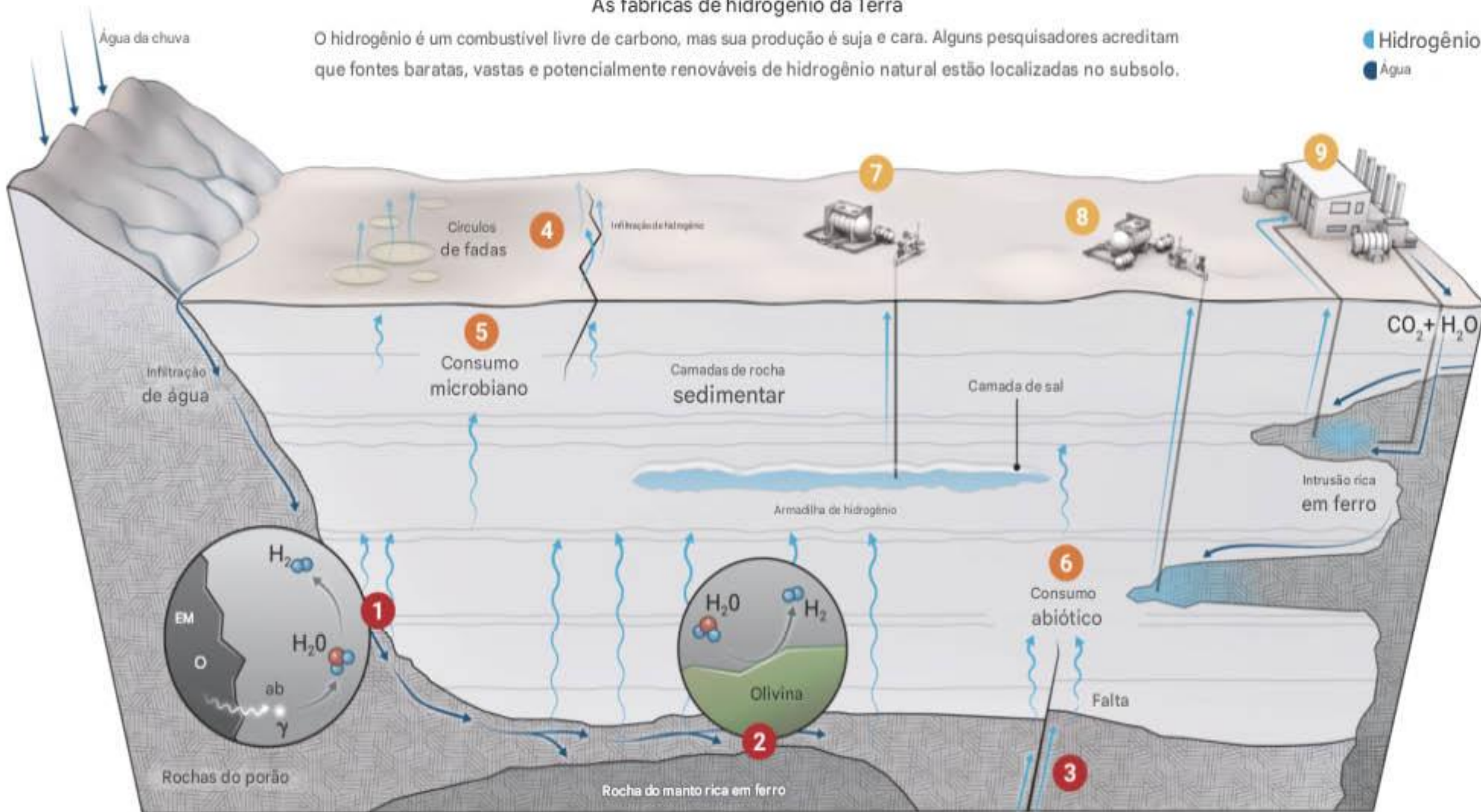
As principais fontes de hidrogênio desses locais incluem:

- (a) alteração em rochas contendo Fe (II);
- (b) radiólise de água devido ao decaimento radioativo do urânio, tório e potássio;
- (c) reação da água e dos radicais livres durante o fraturamento mecânico de rochas contendo sílica.
- (d) Desgaseificação do magma;

As fábricas de hidrogênio da Terra

O hidrogênio é um combustível livre de carbono, mas sua produção é suja e cara. Alguns pesquisadores acreditam que fontes baratas, vastas e potencialmente renováveis de hidrogênio natural estão localizadas no subsolo.

● Hidrogênio
● Água



Composição do Gás do Reservatório

A análise por cromatografia gasosa no reservatório principal (mais raso), mostrou que o gás é composto principalmente de:

- Hidrogênio (98%)
- Nitrogênio (1%)
- metano (1%).

FR

Home About Us ▾ Activities ▾ Partners News Contact Us

The Bourakebougou pilot project in Mali

In 2012, Hydroma began its first non-commercial pilot project of electricity production from natural hydrogen, a world first feat.

For more than 7 years, the village of Bourakébougou benefited from free electricity without CO₂ emissions.



Produced with an internal combustion engine supplied directly with natural hydrogen from a well near the village, this demonstrator confirmed the pressure and quality of this natural hydrogen, with up to 98% purity.

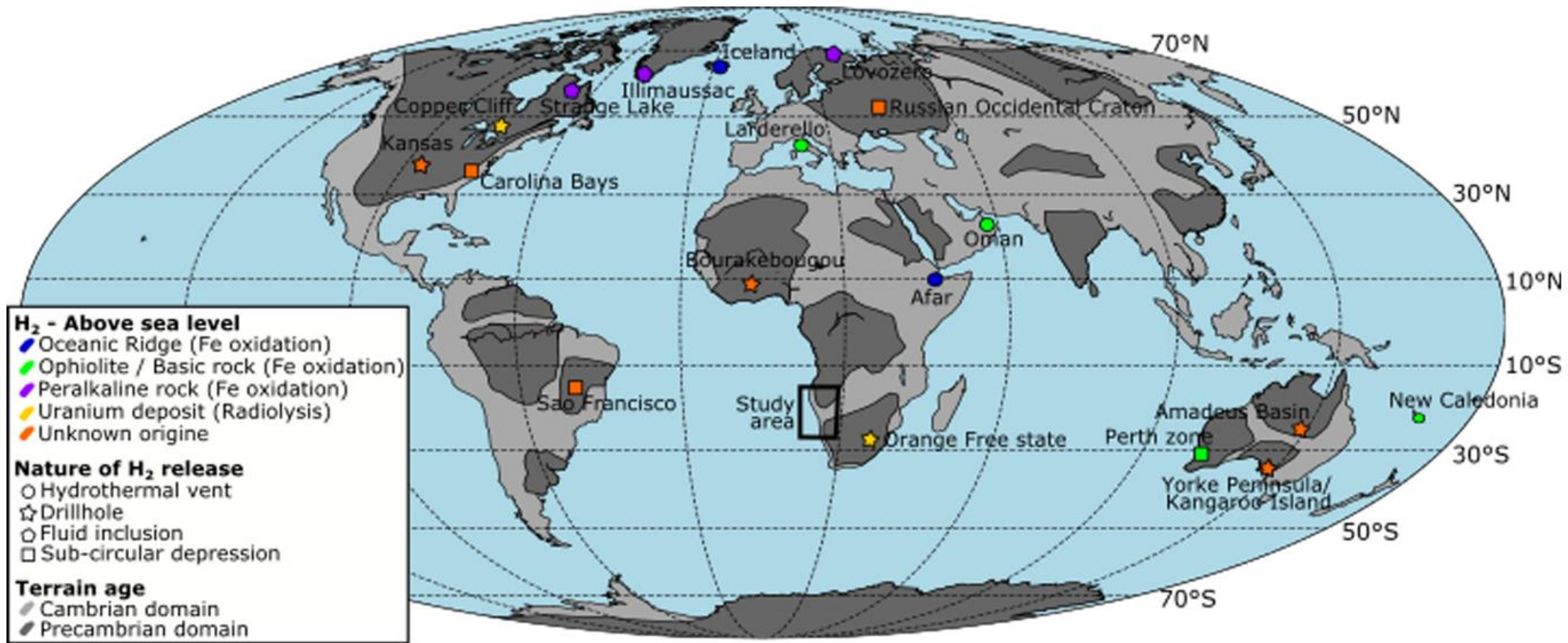
Hydroma intends to contribute to improve access to energy in rural and urban areas of the African Continent with this new low-carbon sustainable source of energy.



Exploração mundial de H2

- EUA
- Namíbia
- Austrália
- França

Os locais das emissões conhecidas de H_2 medidas na superfície e da ocorrência em subsuperfície citadas neste artigo se apresentam sintetizadas na Figura 1, onde se destaca as fontes mais prováveis.





EUA

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY

Soil gas studies around hydrogen-rich natural gas wells
in northern Kansas

by
J. H. McCarthy, Jr., K. I. Cunningham,
A. A. Roberts, and J. A. Dietrich

Open-File Report 86-461

This report is preliminary and has not been reviewed for conformity with U.S. Geological Survey editorial standards and stratigraphic nomenclature. Any use of trade names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the USGS.

1986

REPRODUCED FROM BEST AVAILABLE COPY

ABSTRACT

Soil gas measurements were conducted along east-west traverses in the vicinity of hydrogen-rich gas wells in northeastern Kansas. Hydrogen, helium, and other gas anomalies were found to correlate with known and suspected faults in the area of the Midcontinent Rift System and the Nemaha Arch. The gases may have originated at depth and migrated to the surface along faults and fractures. These soil gas studies did not indicate the areal extent of the hydrogen-rich gas.

1986

INTRODUCTION

Two wells drilled for petroleum exploration in Morris and Geary Counties, Kansas, intercepted gas of unusual composition (Goebel and others, 1983). The gas encountered at a depth of 2,100 to 2,200 ft, consisted of about 50% hydrogen and 50% nitrogen with less than 1% light hydrocarbons (Goebel and others, 1984). The U.S. Geological Survey, in conjunction with the Kansas Geological Survey, conducted soil gas surveys in the vicinity of these wells and beyond to determine: (1) if the gases in the wells could be detected near the surface and (2) if these gas measurements could delineate the areal extent of the gas field.

Two separate surveys were conducted along two east-west traverses that extended about 40-60 mi east and west of the discovery wells. In the first survey, helium in soil gas was measured and in the second, hydrogen, nitrogen, and other gases were measured.

Hutchinson traverse

H₂ (plate 2)

Several sites are considered to be anomalous based on increases in the trend of the analyses rather than on the absolute values because the absolute values changed from day to day. Each day there was a downward trend of hydrogen values and only at sites where the trend is interrupted are the values considered anomalous. Sites considered anomalous are (from west to east) 20, 21, 34, 58, 65, 73, 76, 84, 85, 93, 95, 96, 101, and 109. The anomalies at sites 95 and 96 are on the projection of the Nemaha fault. The anomalies at sites 20 and 21 coincide with the eastern contact of the Rift Rocks while those at sites 93, 95, and 96 coincide with the Nemaha Ridge Fault Zone (Sims, 1985).

Manhattan traverse (plate 4)

H₂ (plate 4)

Several sample sites are considered to be anomalous based on slight increases in the trend of analyses, rather than on absolute values. Sites considered anomalous are 158, 163-166, 175, 176, 189, and 190. Anomalous H₂ at site 158 coincides with the eastern contact of the Rift Rocks as mapped by Sims (1985). The H₂ anomalies at sites 163-166 coincide with a basement fault (Sims, 1985).

GASES FROM BOREHOLES

Gas from two wells in the vicinity of Skiddy, Kansas, was sampled and analyzed in the field. The Scott 1 well is located in Morris County (20-14s-6e) and the Heins well is in Geary County (27-13s-6e). The analyses of gas from these wells is given in table 5.

Table 5.--Concentration of gases in samples from wellhead of Heins and Scott 1 boreholes

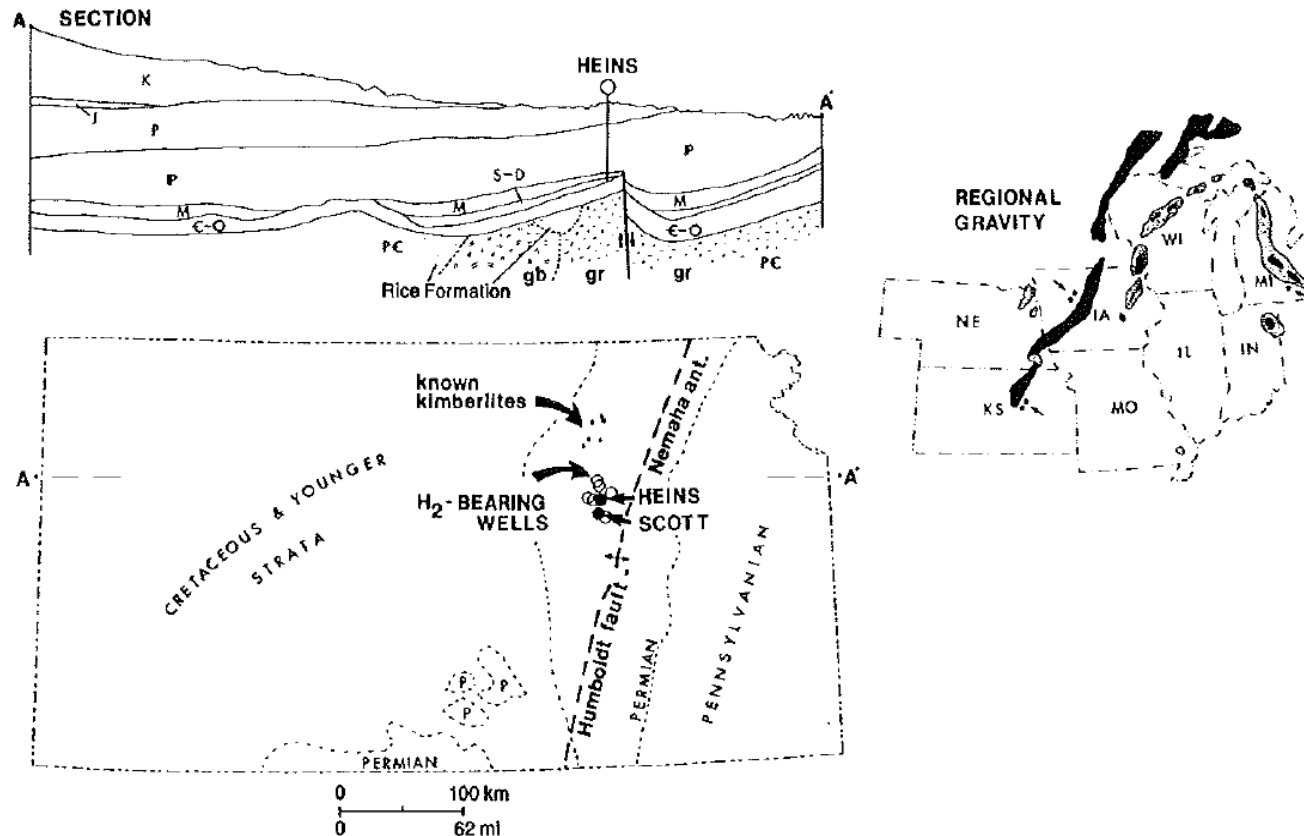
	AMU	Heins well	Scott well
H ₂	2	54.8%	4%
N ₂	14	37%*	92%
O ₂	32	4.9%	0.8%
H ₂ O	18	2.2%	2.0%
Ar	40	.85%	1.2%
CO ₂	44	90 ppm	100 ppm
D**		-520°/∞	-670°/∞

Serpentinization and the Origin of Hydrogen Gas in Kansas¹

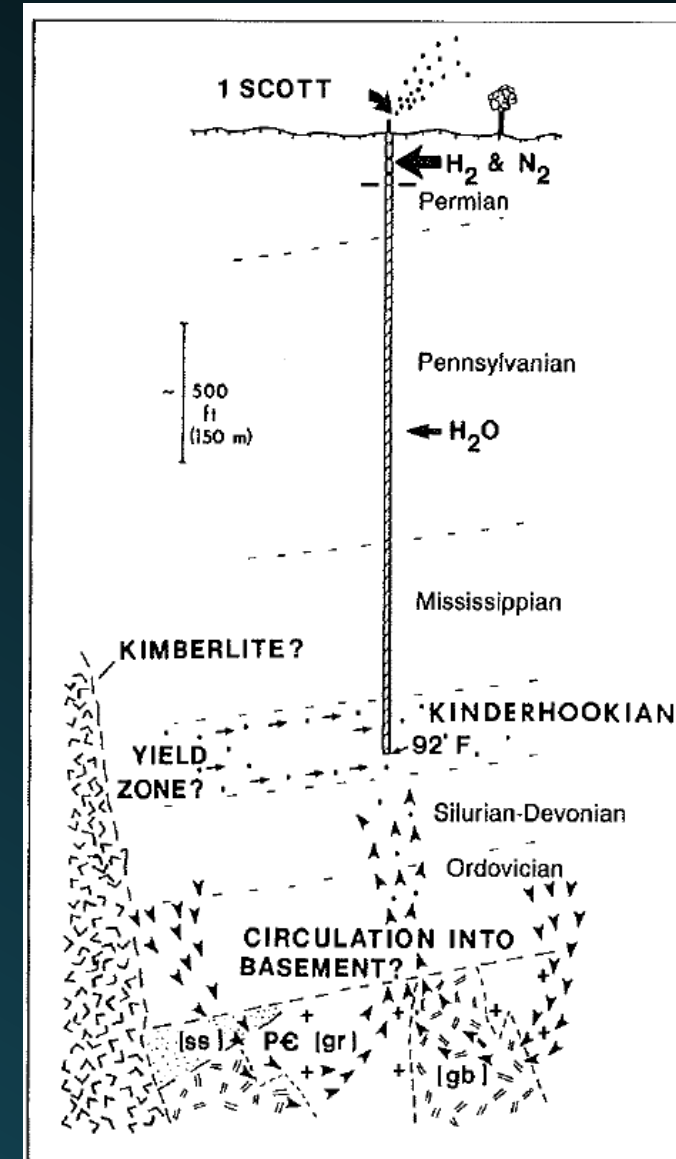
RAYMOND M. COVENEY, JR.,²

EDWIN D. GOEBEL,² EDWARD J. ZELLER,³

GISELA A. M. DRESCHHOFF,⁴ and ERNEST E. ANGINO³



1987



NATURE OF H₂ GAS OCCURRENCE

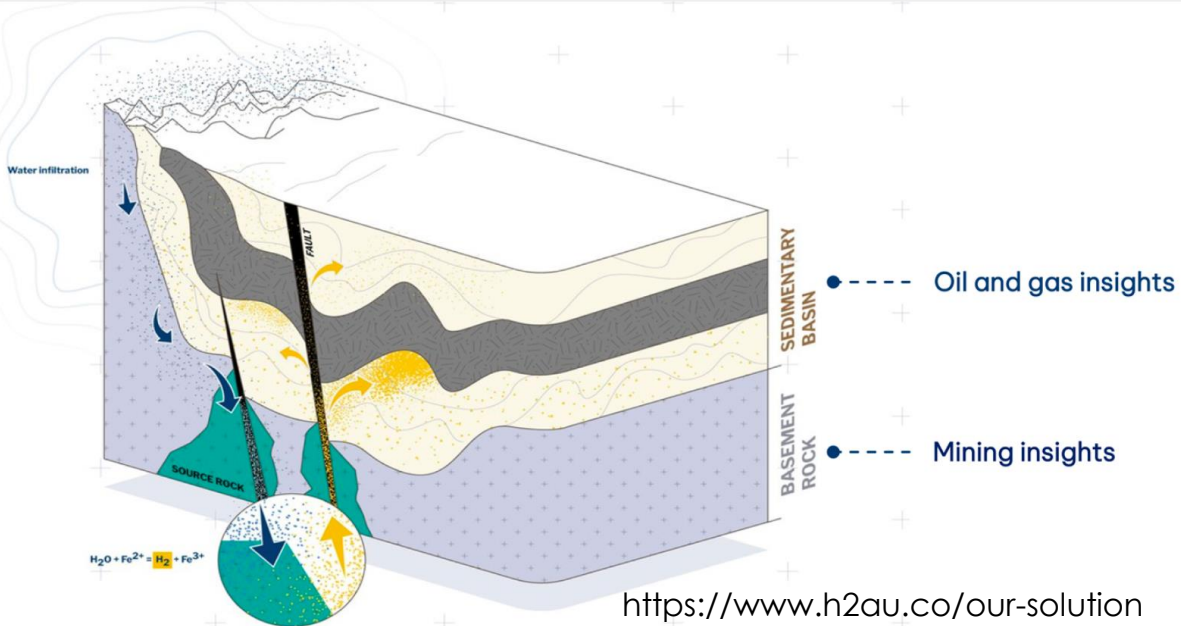
On the average, the Scott and Heins wells contain, respectively, 29% and 37% H₂ with 65% and 66% N₂ (Table 3). Oxygen content ranges from 0.01 to 20.4%. The higher

Figure 1—General geology of Kansas and regional gravity of northern Midwest. Regional gravity map and cross section AA' are modified from Bickford et al (1979) and Kansas Geological Survey (1984). Geologic cross section AA' (not to scale) approximately follows highway I-70 across Kansas. Precambrian rock types near H₂ wells include gabbroic and granitic igneous rocks as well as late Precambrian arkosic red beds of Rice Formation, which originated by infilling of block-faulted basins. Regional Bouguer gravity, outlining Mid-Continent geophysical anomaly and part of Mid-Continent rift system is generalized from Hildenbrand et al (1982) and Van Schmus and Hinze (1985). Dark areas > 30 mgal; stippled areas > 20 mgal. Asterisks on gravity map indicate locations of H₂ wells in Kansas, Iowa, and Michigan. PE = Precambrian, E-O = Cambrian-Ordovician, S-D = Silurian-Devonian, M = Mississippian, IP = Pennsylvanian, P = Permian, J = Jurassic, K = Cretaceous, gb = gabbro, gr = granite, and ant. = anticline.

Natural Hydrogen Exploration

Science-led, commercially-driven.

2025



<https://www.h2au.co/our-solution>

Kansas – EUA (H2 e He)

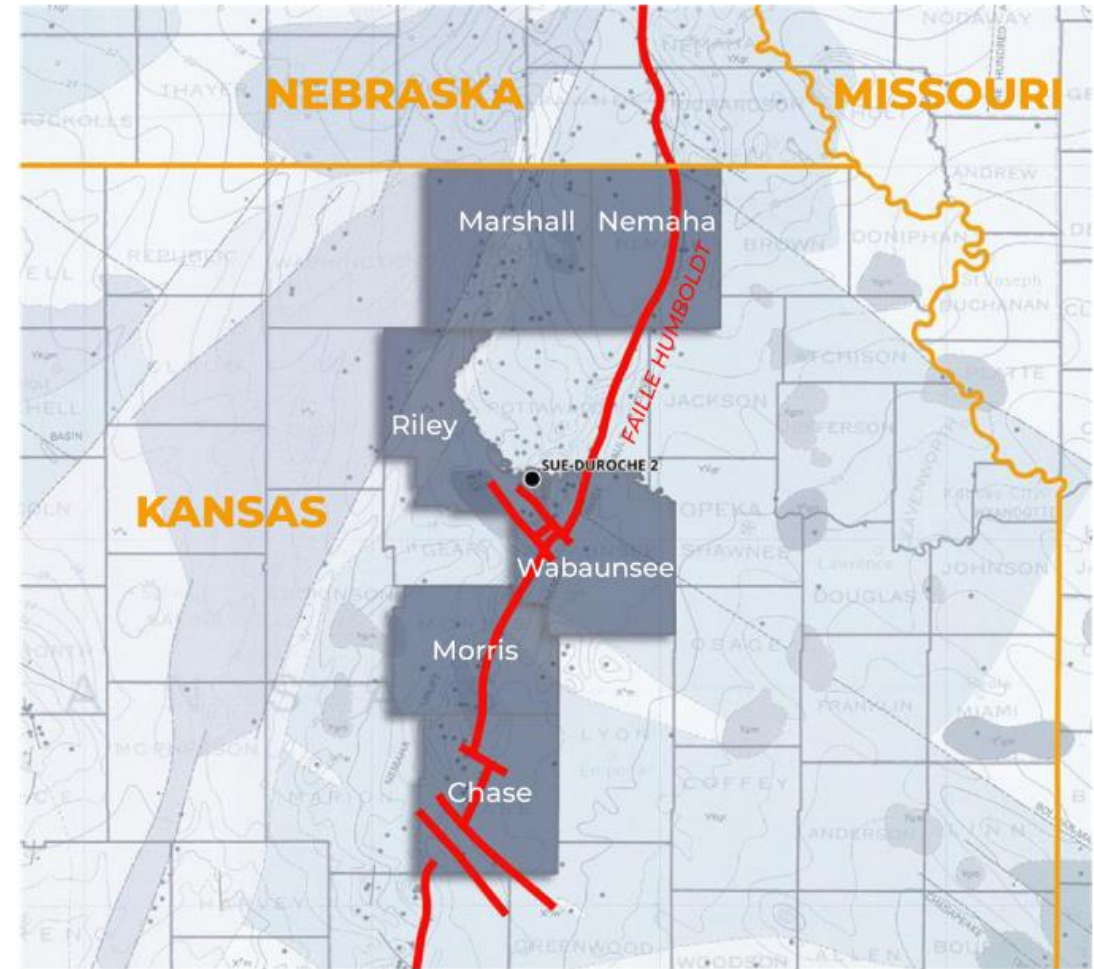


Table 3. Isotopic and Bulk Compositions of Fluids in Scott and Heins Wells, Kansas*

Location and Test Date	Mole %									Isotopes (‰)		
	H ₂	N ₂	O ₂	CO ₂	Ar	He	Total Hydrocarbons	H ₂ O	Total	D ^a	¹⁸ O ^b	¹⁵ N ^c
Gas, CFA Oil Company 1 Scott Well												
August 12, 1982	39.0	65.0	2.0	—	—	—	< 0.5	—	106.0 ¹	—	—	—
August 26, 1982	25.0	71.0	11.4	< 0.01	—	—	0.04	—	107.4 ¹	—	—	—
August 26, 1982	41.0	58.0	1.8	< 0.01	—	—	0.06	—	100.9	—	—	—
September 20, 1982 ²	42.6	32.2	20.4	0.3	tr	tr	—	2.07	97.6	—	—	—
September 20, 1982 ²	56.0	41.0	—	0.9	tr	—	—	0.92	98.8	—	—	—
June 27, 1983	33.6	64.8	1.0	—	—	—	—	—	99.4	-796	—	—
June 27, 1983	39.4	60.1	0.5	—	—	< 0.1	—	—	100.0	—	—	—
September 14, 1983	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-740	—	-0.2
June 12, 1984 ³	1.4	96.0	0.01	0.002	1.1	0.002	0.002	—	98.5	—	—	—
July 7, 1984 ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-836	—	-0.20
July 20, 1984 ⁴	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
June 14, 1985 ⁵	4.5	92.8	1.0	0.46	1.1	< 0.020	0.01	—	99.9	-818	—	—
Well Water												
February 2, 1983 ⁶	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-103	-13.2	—
January 5, 1985 ⁷	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-120	-15.6	—
Gas, CFA Oil Company 1 Heins Well												
September 7, 1983	24.2	75.9	8.6	< 0.1	—	< 0.1	0.90	—	109.6 ¹	—	—	—
September 7, 1983	36.7	67.0	3.9	< 0.1	—	< 0.1	0.81	—	108.4 ¹	—	—	—
September 22, 1983	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-826	—	-0.45
June 12, 1984 ³	29.5	63.6	1.4	0.03	—	< 0.002	—	< 0.006	—	—	—	—
July 7, 1984 ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-810	—	-0.7
July 20, 1984 ⁴	56-80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
June 14, 1985 ⁵	35.1	59.5	4.5	0.3	0.7	< 0.005	0.06	—	100.2	-776	—	—

* Table revised and new data listed from Goebel et al (1984). $\delta^{18}\text{O}$ and δD are relative to SMOW; $\delta^{15}\text{N}$ is relative to air; tr = trace. Footnotes are as follows:

(1) Totals not normalized to 100; values reported as received from commercial labs. (2) Mass spectrometry at University of Kansas Chemistry Department. (3) Global geochemistry, courtesy of Peter Jenden (GRI Contract 5081-360-0533). (4) Semiquantitative assays by quadrupole mass spectrometer on-site by U.S. Geological Survey (Denver). (5) Courtesy of Ivan Barnes (1985, personal communication), average of three compositional analyses, and for Heins well, two deuterium analyses. (6) CFA Oil Company 1 Scott well, Mississippian Kinderhook formation. (7) CFA Oil Company 1 Amthauer well, Precambrian granite. (a) Accuracy $\pm$ 10-30 ‰, (b) Accuracy $\pm$ 0.1 ‰, (c) Accuracy $\pm$ 0.5 ‰.



Namíbia

Namíbia

125 ANOS
1899 - 2024

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

“Emanações naturais de hidrogênio na Namíbia: aquisição de dados de campo e índices de vegetação a partir de análise multiespectral de imagens de satélite”

Natural hydrogen emanations in Namibia: field acquisition and vegetation indexes from multispectral satellite image analysis

Isabelle Moretti (1,3)

Ugo Geymond (2)

Gabriel Pasquet (1)

Leo Aimar (3)

Alain Rabaute (3,4)

(1) LFCR-UPPA av de l'université 64012 Pau, France

(2) Université Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris, France

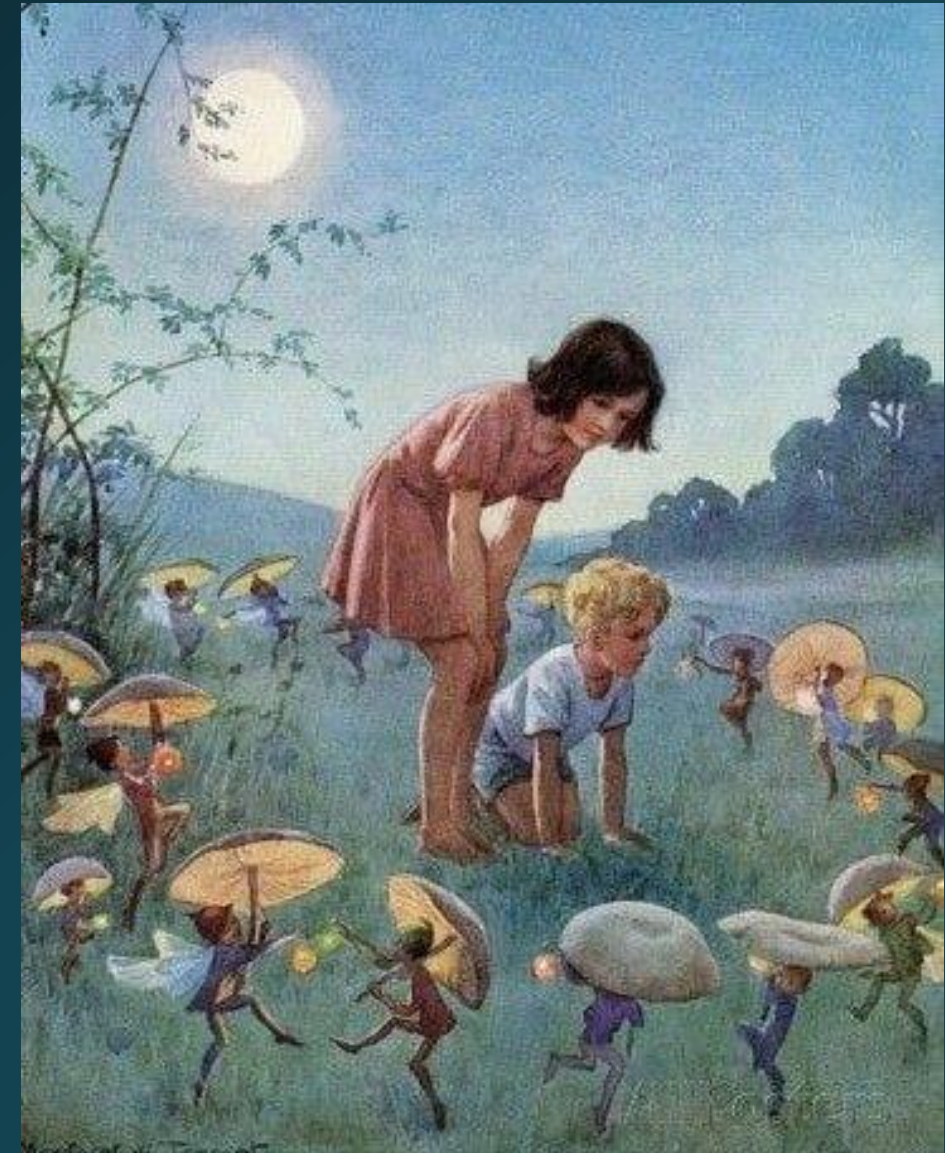
(3) Istep, Sorbonne Université, Paris, France

(4) Geosubsight, Paris area, France

Namíbia



Os círculos das fadas (SCT)



<https://www.instagram.com/p/B0QQxeGHcS2/?igshid=ym2d28jsfs0r>

Círculos de fadas e depressões

- Na Namíbia, as características circulares que moldam as paisagens sempre despertaram interesse e muitas pesquisas.
- Algumas delas apresentam a habitual lacuna de vegetação, são de topografia plana e medem apenas alguns metros de diâmetro.
- A sua origem permanece uma questão de debate, mas trabalhos sugerem que estas estruturas arredondadas têm origem na secura do solo, resultando na organização preferencial dos vegetais.



- As feições que estão relacionadas ao escape de gases são muito maiores e não planas e, por isso, são fáceis de identificar e diferenciar.

Círculos de fadas e depressões

Estação seca

Estação chuvosa



Fairy circle study plot in NamibRand Nature Reserve during the poor rainfall season of 2020 (left) and after the good rainfall season of 2022 (right).

<https://conservationnamibia.com/blog/science-of-fairy-circles-2023.php>

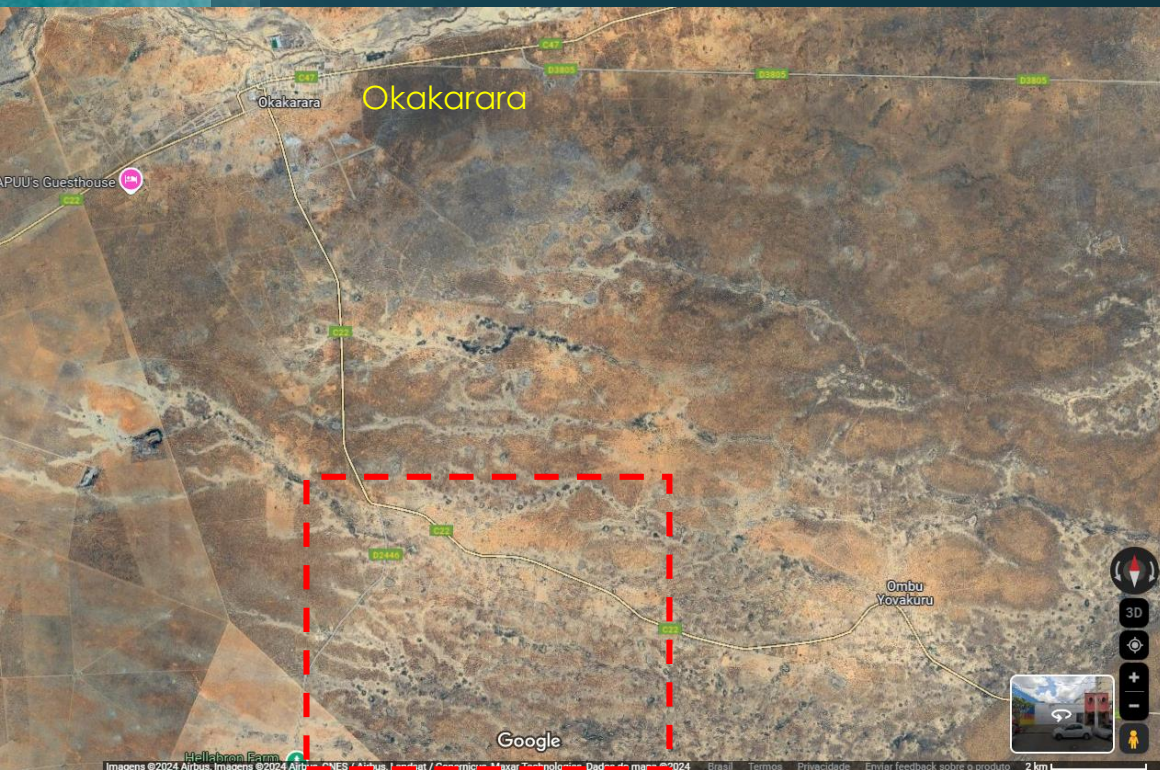
Arranjo de campo para a medição das Emissões de H₂ nos SCDs

- O H₂ foi medido no solo utilizando um equipamento BIOGAS5000 após posicionamento no solo de um tubo de cerca de 1 m de comprimento.
- O analisador mede CH₄, O₂, CO₂ em % e CO, H₂S e H₂ em ppm.
- Foram testadas várias formas de perfurar e não foi notado qualquer diferença sistemática no teor de H₂, ou nas emissões de H₂, devido à perfuração, nos vários solos encontrados durante este trabalho de campo na Namíbia.
- Na Namíbia, também devemos notar que muitas vezes estavam presentes concreções calcárias, muito difíceis de perfurar, impossibilitando uma perfuração de 1 m de profundidade com o material que tínhamos e, assim, as medições foram feitas em uma profundidade significativamente menor.



Área 01

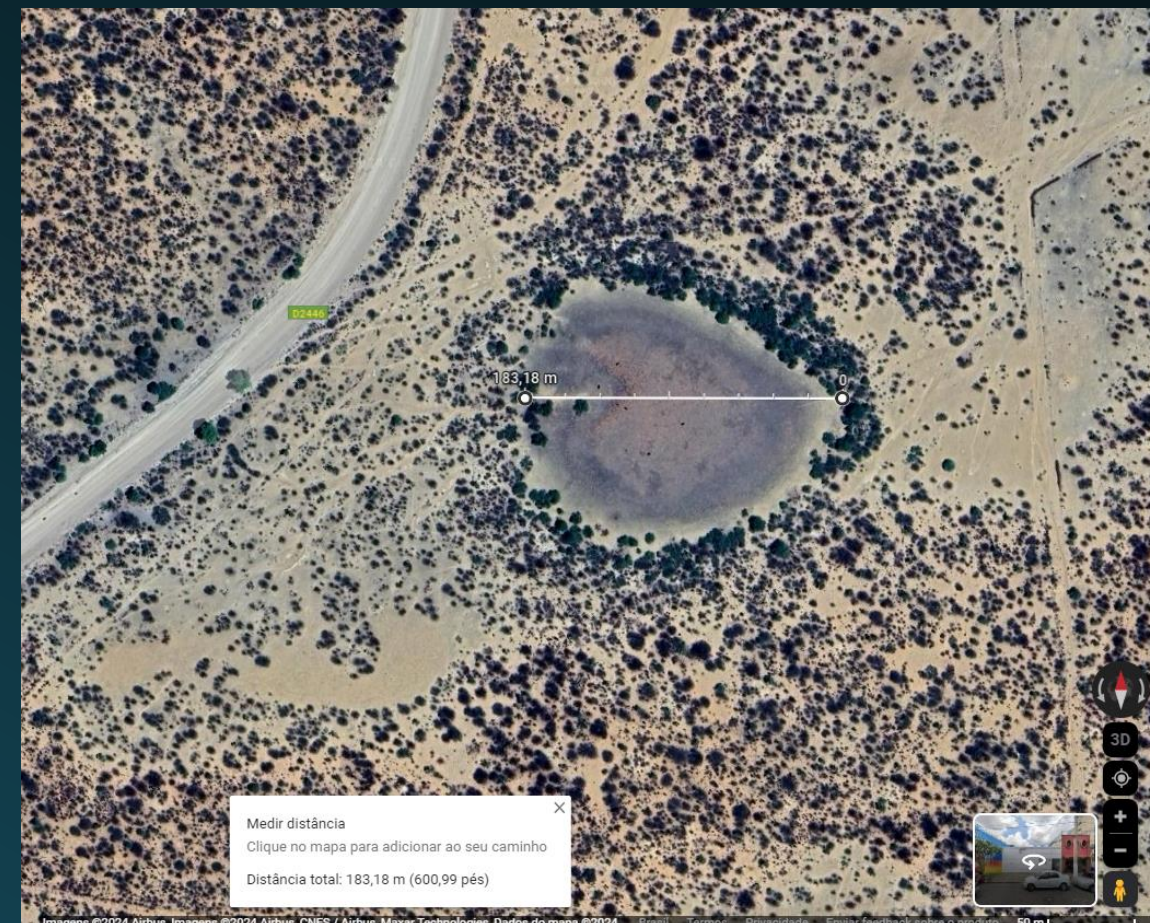
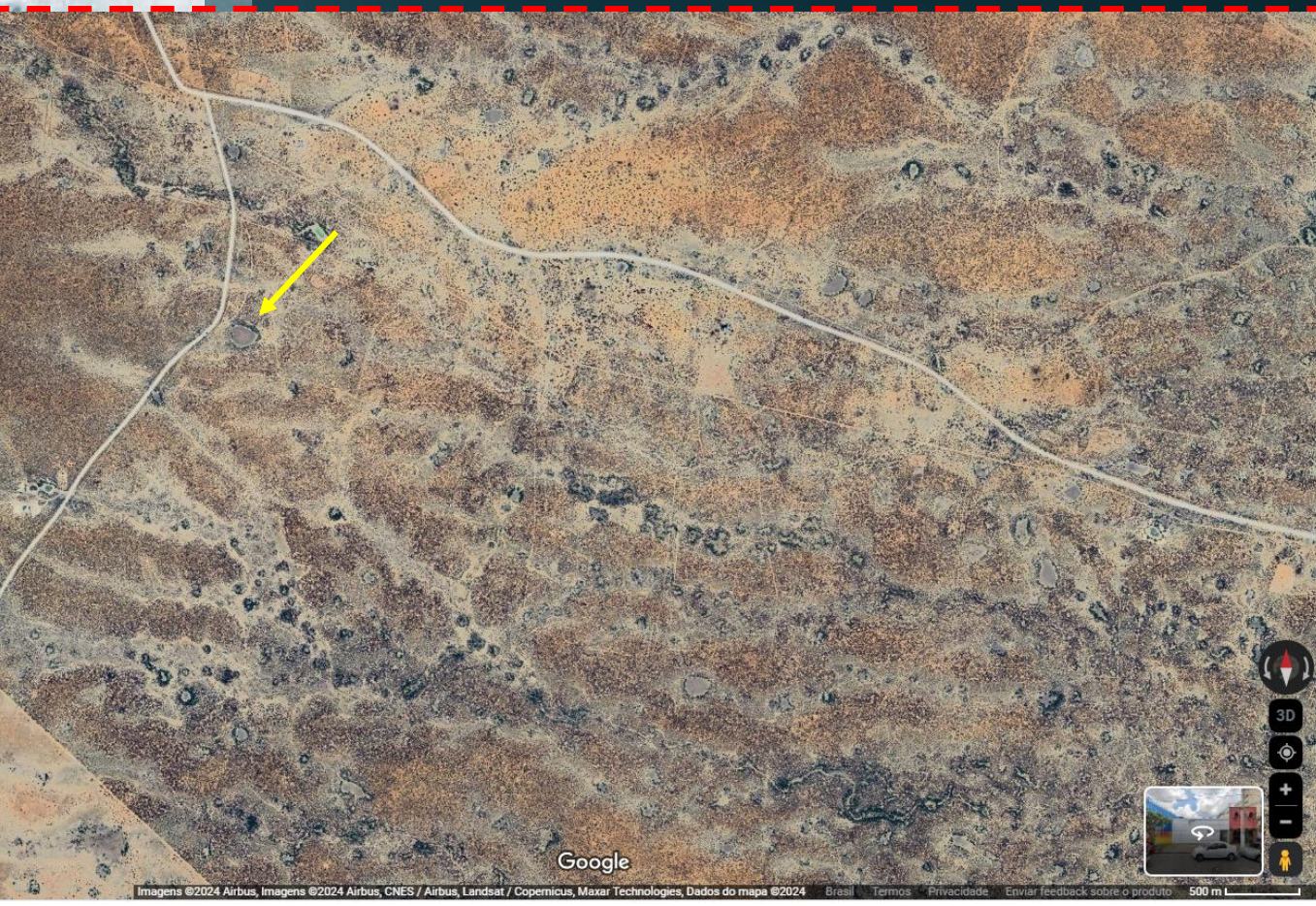
Cinturão Dobrado de Damara, ao sul da cidade de Okakarara



Círculos de fadas e depressões nas imagens espaciais



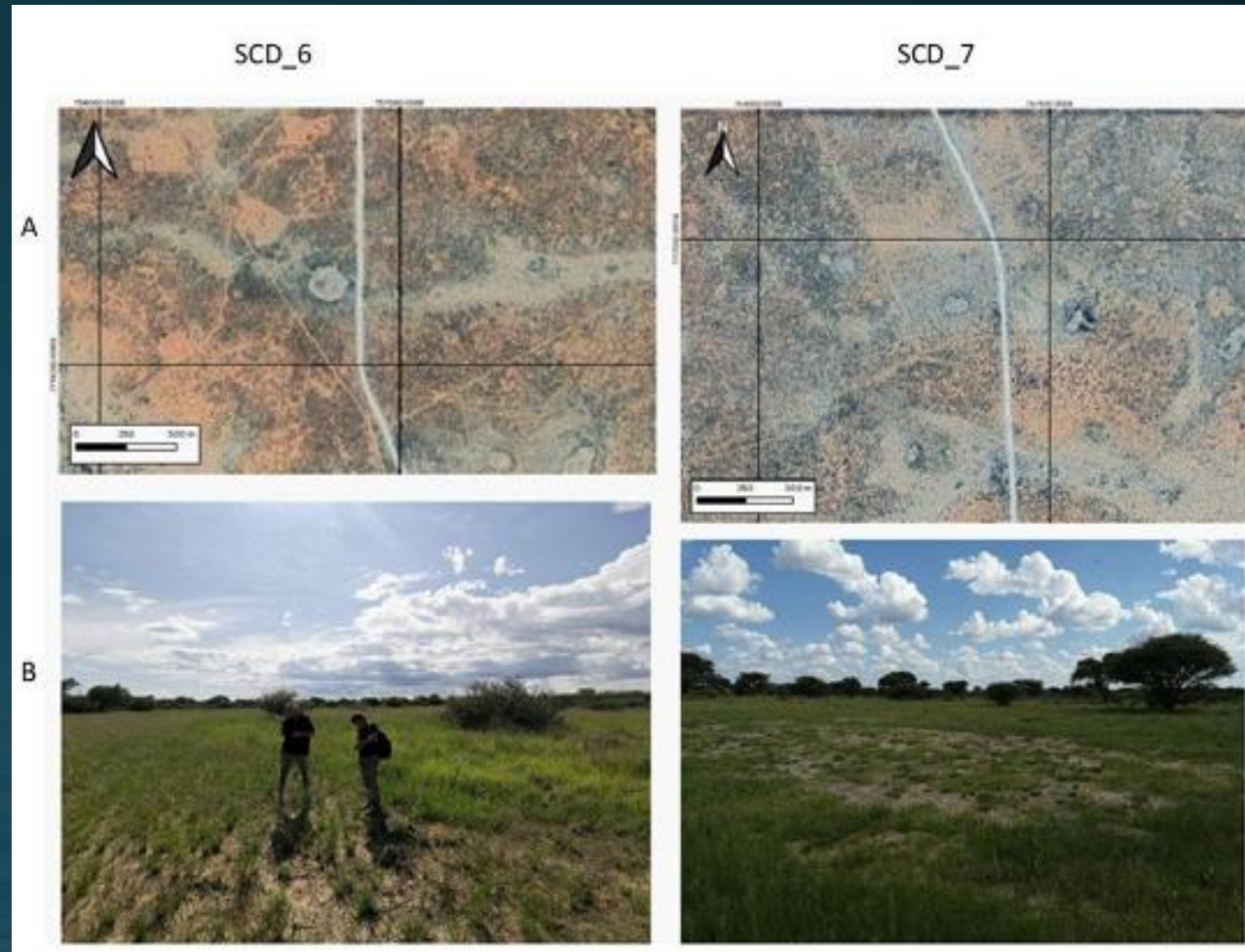
Círculos de fadas e depressões nas imagens espaciais



Área de Okakarara

O conteúdo de H₂ no solo de vários SCDs foi medido e **todas as estruturas apresentam algum conteúdo de H₂**, sabendo que o sinal é variável no espaço e no tempo, focamos então nossas medições em 2 deles.

A imagem mostra dois SCD, denominados SCD_6 e SCD_7, bem como suas imagens do Google Earth.



Área de Okakarara

Os valores variam de 0 a 400 ppm .

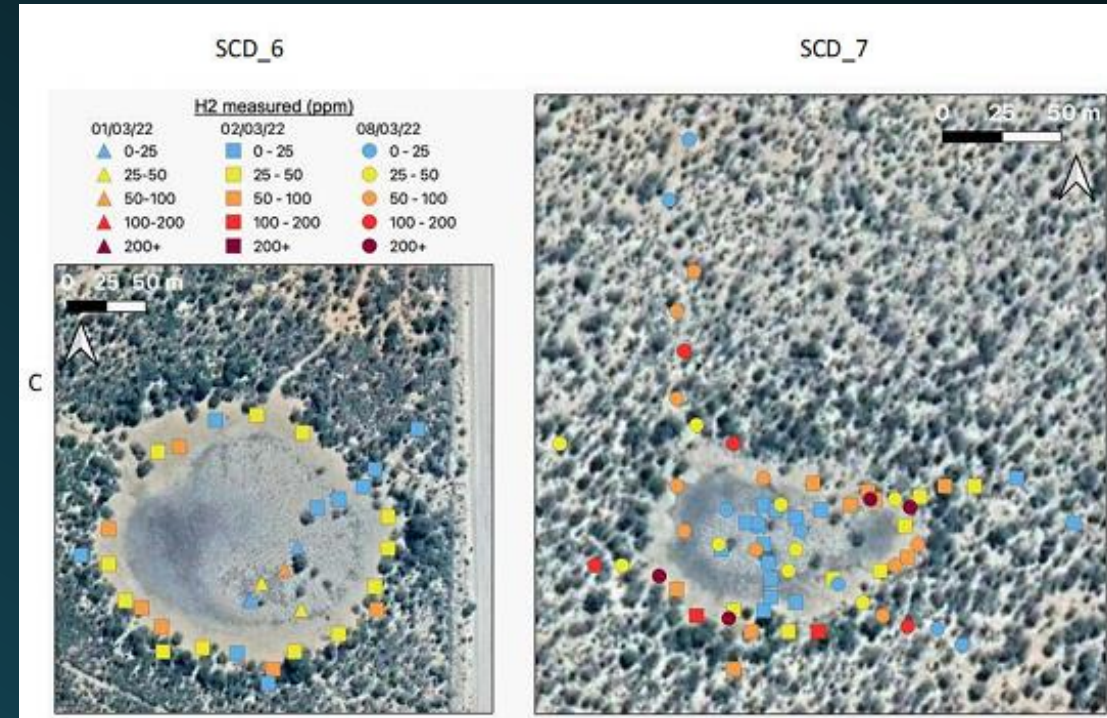
No centro, os valores são baixos e os maiores teores de H₂ são encontrados na periferia dos SCDs.

Pode-se observar na Figura que algum H₂ também foi medido no solo fora da área sem vegetação, e mesmo a algumas dezenas de metros do SCD, especialmente para o SCD_7.

Um anel de vegetação densa também pôde ser notado ao redor da área sem árvores.

As duas estruturas estão localizadas a 6,6 km de distância.

Os SCDs desta área emitem diariamente hidrogênio.



Transporte ascendente do H₂ no tempo

- Os dados de todos os SCDs emissores de H₂ são variáveis no tempo e no espaço e, por isso, muitas medidas são necessárias para se determinar quais estruturas estão emitindo, e o quanto estão produzindo por dia.
- Idealmente, algumas semanas de medidas devem ser realizadas.
- A monitorização permanente ainda não foi instalada na Namíbia, mas muitas medições foram feitas no **SCD_6 e SCD_7 (Okakarara)**, a fim de quantificar a variabilidade do sinal.
- A Figura mostra os resultados apresentados em função das horas e uma comparação com os dados de alguns dias de medição na estrutura monitorada brasileira (Fig. 8A).

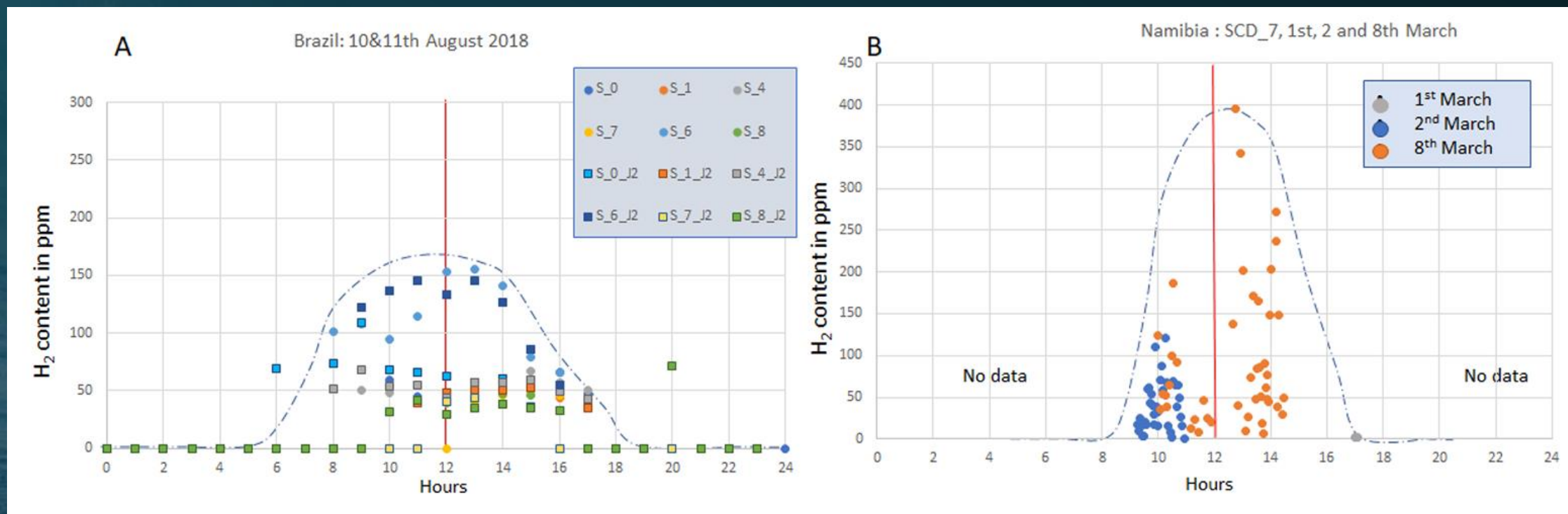


Fig. 8

Transporte ascendente do H₂ no tempo

- Nesta fase, diferentes hipóteses poderiam ser propostas para a origem do fluxo de H₂.
- Pode corresponder a uma emissão diretamente relacionada com uma geração subterrânea, devido a uma migração de uma acumulação mais profunda.
- Além disso, o modo de transporte do H₂ também permanece uma questão em aberto, se o hidrogénio estiver numa fase gasosa, o transporte é provavelmente bastante vertical, e a fonte ou acumulação intermediária deve ser procurada abaixo do SCD.
- Se o hidrogénio estiver dissolvido em água, o H₂ pode migrar de outra área, já que a solubilidade do H₂, quando a pressão aumenta, permite potencialmente a migração a longa distância em aquíferos profundos (Lopez et al., 2019).
- Não há medição de H₂ durante a noite.
- Isto poderia ser explicado em termos de uma diminuição da pressão na atmosfera próxima do solo durante a parte mais quente do dia, resultando num efeito de bombeamento (Cathles & Prinzhofer, 2021).

Síntese da Interpretação Final

O esboço da Figura 11 sintetiza essas diferenças entre infiltração e microinfiltração já introduzidas por autores anteriores para as infiltrações de hidrocarbonetos (Schumacher, 1996).

A figura foi desenhada com uma armadilha estrutural como fonte de hidrogénio, mas pode ser uma zona de geração de H₂ ou um aquífero profundo de onde o H₂ é desgaseificado.

As diversas características relacionadas à morfologia (tamanho, profundidade, declive), bem como à vegetação (fraca/densa, SAVI, NDVI) são todas impactadas pela microinfiltração de gás.

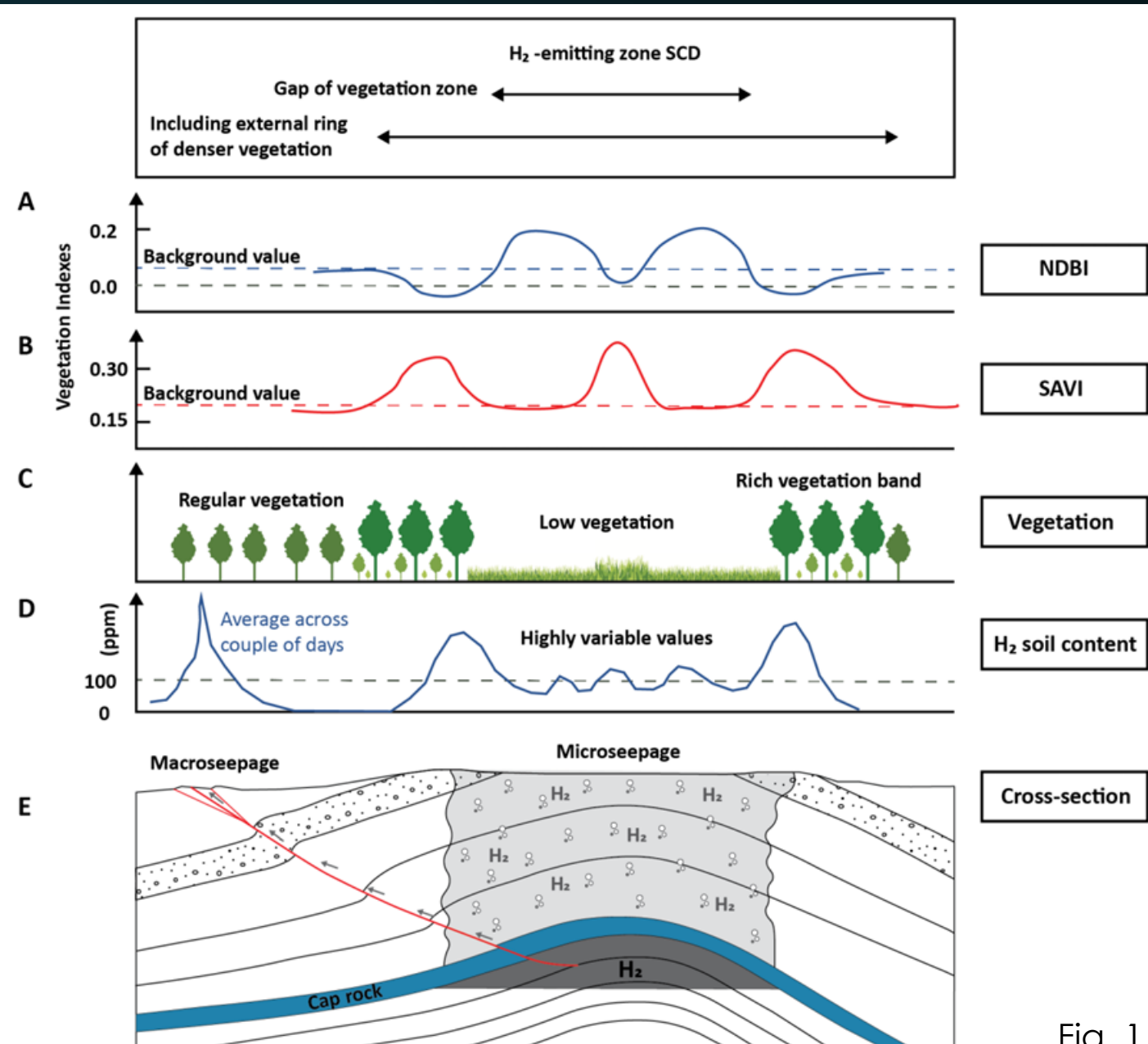


Fig. 11



Australia



Collecting gas from the Ramsay Oil Bore 1 near Minlaton in 1931. The well reached ~550m, and a small gas flow of almost pure hydrogen was recorded.

Why SA?

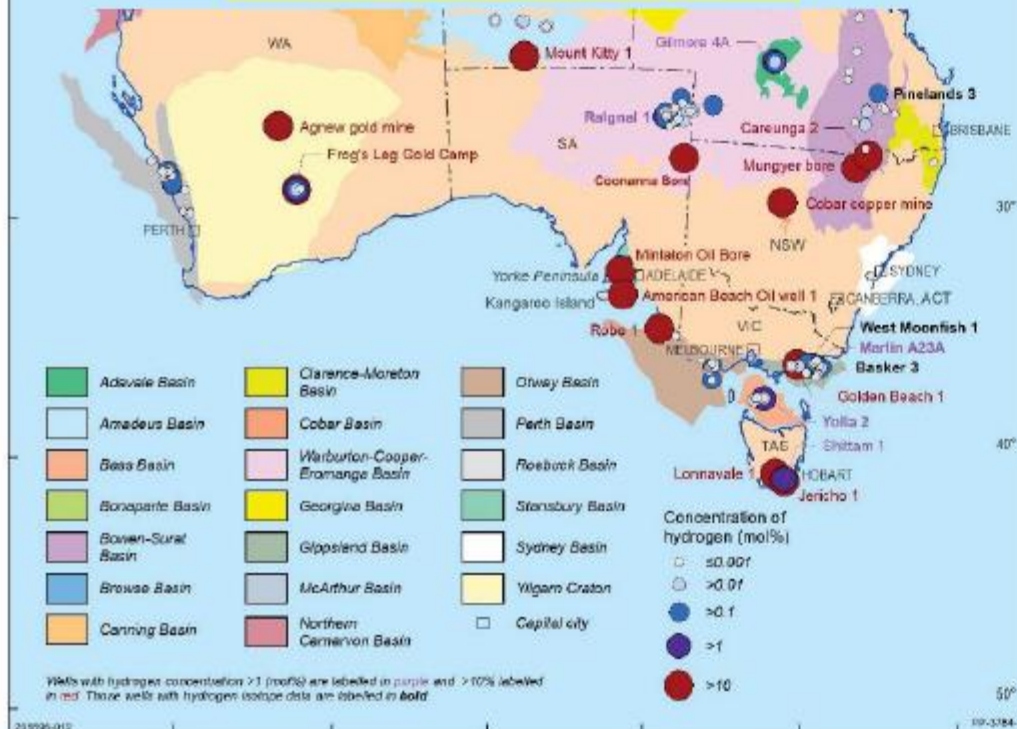
South Australia has taken the national lead in enabling natural hydrogen exploration.

- Effective licensing, regulatory and investment frameworks are in place. Since natural hydrogen exploration became possible in February 2021, explorers have responded with 35 licence applications.
- DEM's online records show significant hydrogen contents from Government analyses of gas samples from three historic drillholes:
 - 1915 – Robe 1
 - 1921 – American Beach Oil 1
 - 1931 – Ramsay Oil Bore 1
- SA has potential hydrogen source rocks - iron-rich and uranium-rich rocks in basement provinces (Archaean-Precambrian).
- Salt lakes on Yorke Peninsula and Kangaroo Island have been postulated to be 'fairy circles' caused by hydrogen seeps (international researchers e.g. Moretti *et al.*, 2021).
- Easy access to extensive spatial data and maps, databases and reports via DEM website. Access to cores and rock samples at the Tonsley Drill Core Storage Facility.

Potential natural hydrogen sources and indications

**Boreham et al.
(2021) -
Geoscience
Australia**

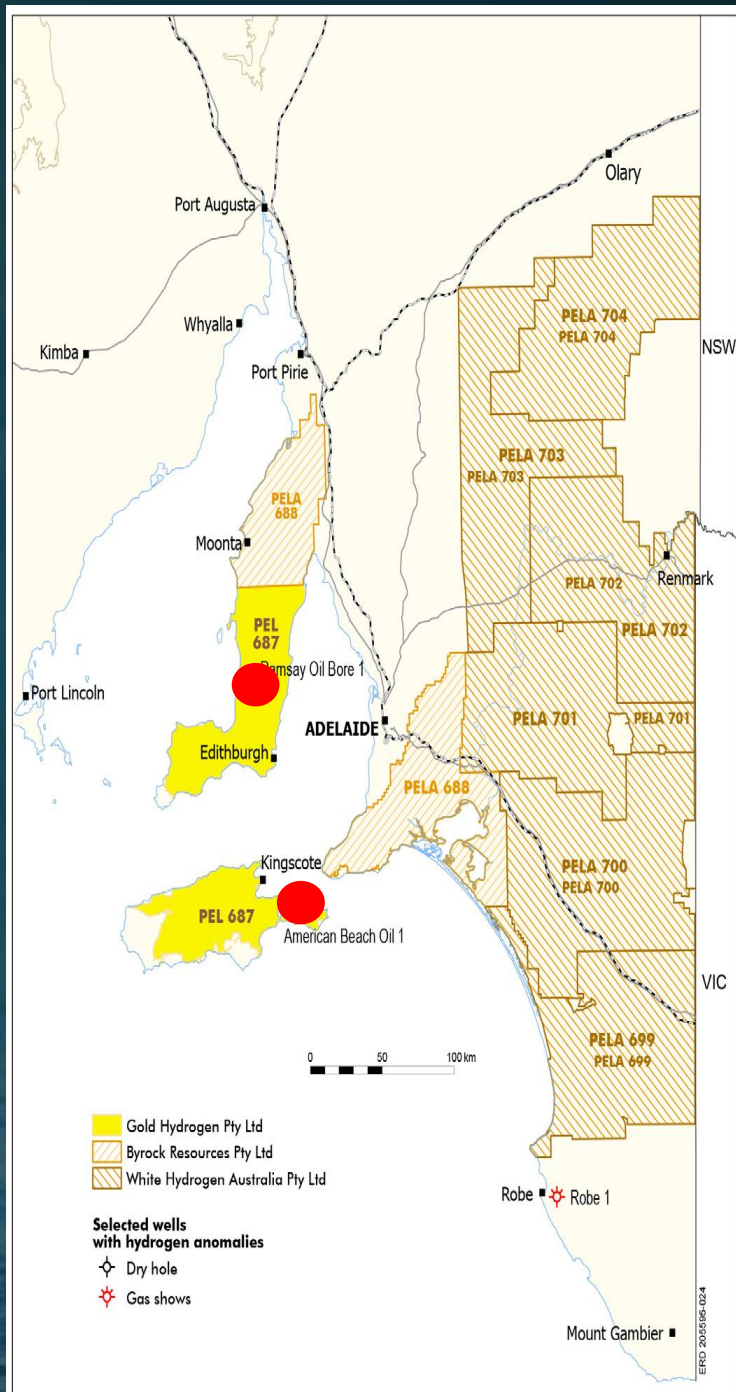
**Significant potential for natural hydrogen
exists in South Australia!**



- ✓ **Ancient basement complexes which contain iron and/or uranium rich rocks** - generate hydrogen via radiolytic and oxidation processes (e.g. Archaean greenstone and Precambrian basement terranes – old igneous and metamorphic rocks).
- ✓ **fractured and seismically active source areas** - deep-seated faults can both channel migrating hydrogen up from deep sources to surface and introduce water downward for further chemical reactions with exposed iron rich rocks.
- ✓ sedimentary cover may reservoir and trap migrating hydrogen particularly if **aquifer systems and /or evaporites (seals)** are present. **Over-mature petroleum source rocks (e.g. Cooper Basin).**
- ✓ Surficial hydrogen seeps? Seeps can be blind or coincident with visible sub-circular topographic depressions on the metre to kilometre scale (**'fairy circles'**).
- ✓ **Hydrogen indications in drillholes:**
 - **Robe 1 (25% hydrogen in gas sample)**
 - **American Beach Oil 1 (51-68% hydrogen in gas sample)**
 - **Ramsay Oil Bore 1 (60-84% hydrogen in gas sample)**
 - **Coonanna Bore (16.5% hydrogen – Zgonnik, 2020)**
 - **Some Cooper Basin gas wells (Boreham et al., 2021)**

Thanks to Dr Betina Bendall (DEM-ERD) for her input to this overview

Projeto Ramsay Golden Hydrogen



Hydrogen and Helium to date in PEL687

Extensive findings across 7,400 km² permit area

H₂

Extracted from fluid inclusions in 35 of 46 rock chips from historical wells

He

Extracted from fluid inclusions in 29 of 46 rock chips from historical wells

H₂

Hydrogen from historical wells

1931
90% H₂
507m

Ramsay Oil Bore 1

Ramsay 2

Ramsay 1

NOV 2023
95.7% H₂
17.5% He

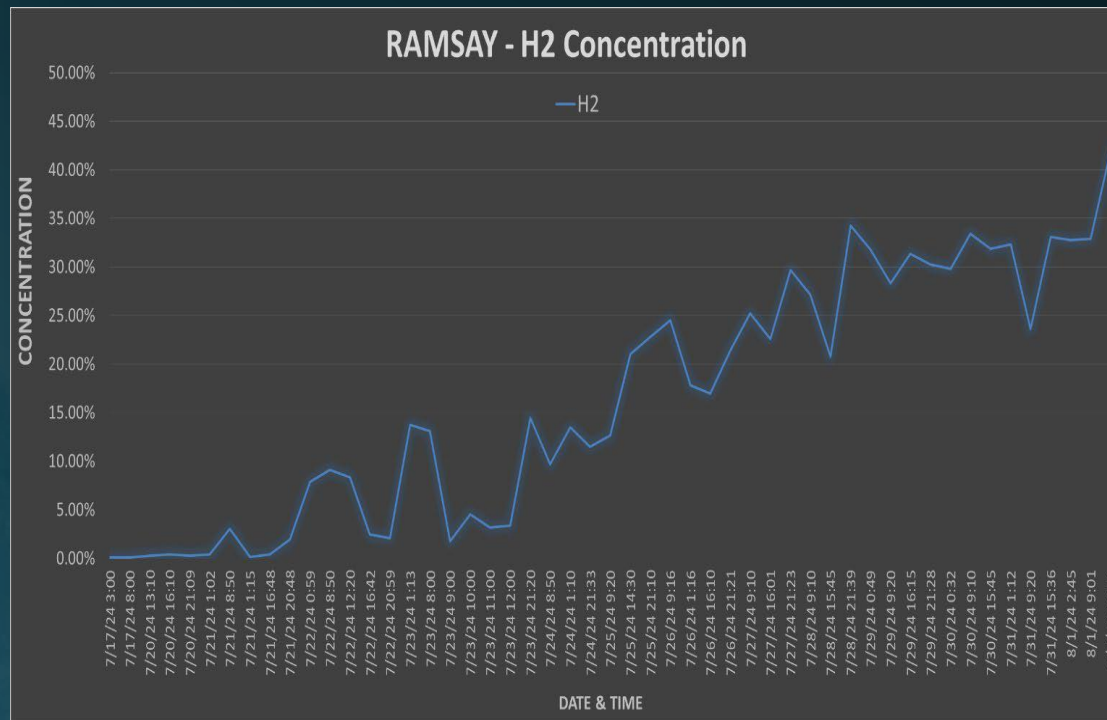
NOV 2023
73% H₂
3.6% He

1921
83% H₂
290m

Gold Hydrogen

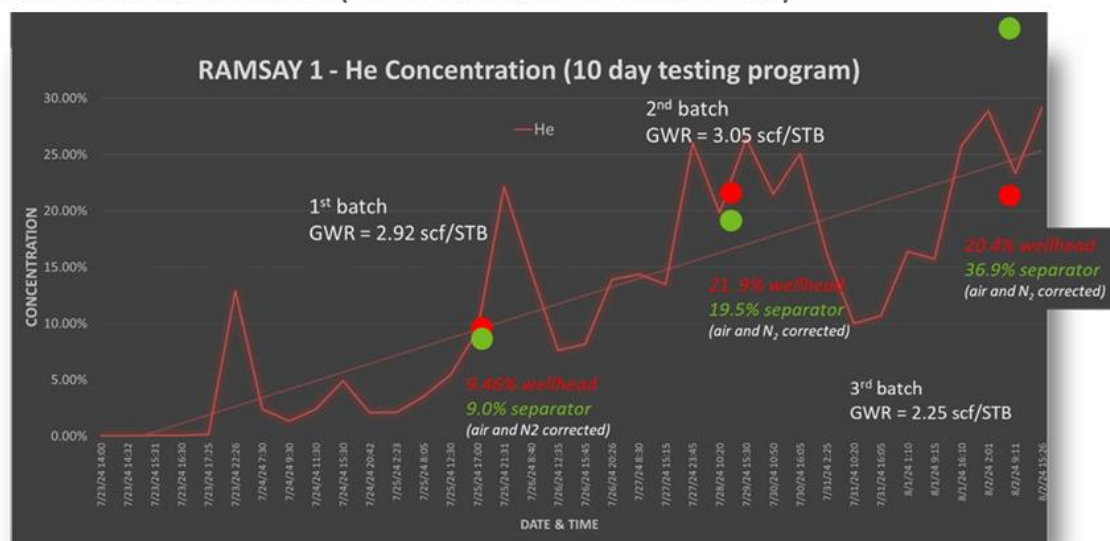
Figure 1 – Various Data Points Indicating the Presence of Natural Hydrogen and Helium in PEL 687

<https://www.goldhydrogen.com.au/ramsay-project/>



Stage 2 Well Testing – Ramsay 1 Helium Concentrations Over Time

Stage 2 well testing of the open Helium zone in Ramsay 1 showed Helium concentrations increased over time as the well was dewatered (refer ASX release of 17 October 2024)



“Exudações de Hidrogênio em áreas intracratônicas: Novas Diretrizes para Triagem Antecipada de Bacias de Exploração”

“Hydrogen Emanations in Intracratonic Areas: New Guide Lines for Early Exploration Basin Screening”

- (1) Isabelle Moretti
- (2) Emyrose Brouilly
- (3) Keanu Loiseaun
- (4) Alain Prinzhofer
- (5) Eric Deville

- (1) UPPA, LFCR, Rue de L'université, 64000 Pau, France;.
- (2) Department of Geosciences, University of Rennes, 35000 Rennes, France
- (3) Geo4U, Rio de Janeiro 22250-040, Brazil.
- (4) Ifpschool, 92852 Rueil Malmaison, France.



Fonte:

https://www.researchgate.net/publication/350293840_Hydrogen_Emanations_in_Intracratonic_Areas_New_Guide_Lines_for_Early_Exploration_Basin_Screening

Introdução

- Neste artigo apresentamos uma abordagem estatística da densidade, tamanho e forma de os círculos de fadas em várias bacias.
- Novos dados do Brasil e da Austrália são comparados com os existentes banco de dados já reunido na Rússia, EUA e novamente no Brasil.
- A comparação sugere que a Austrália poderia ser uma das áreas mais promissoras para a exploração de H₂, de facto alguns poços já encontraram H₂, enquanto foram perfurados em busca de hidrocarbonetos.
- A soma das áreas de onde o H₂ está vazando ultrapassa 45 km² na Ilha Kangaroo assim como na Península de Yorke.

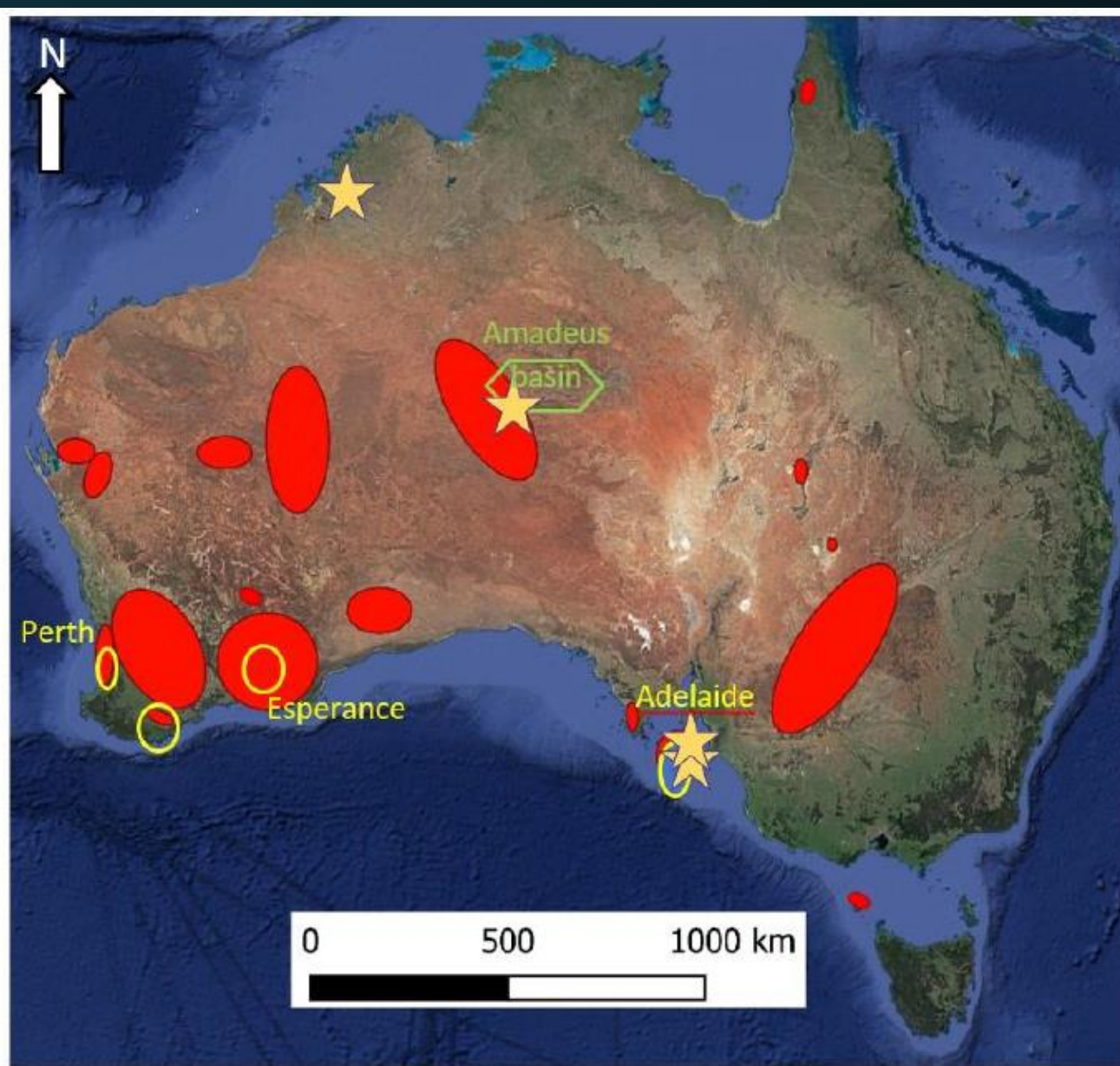
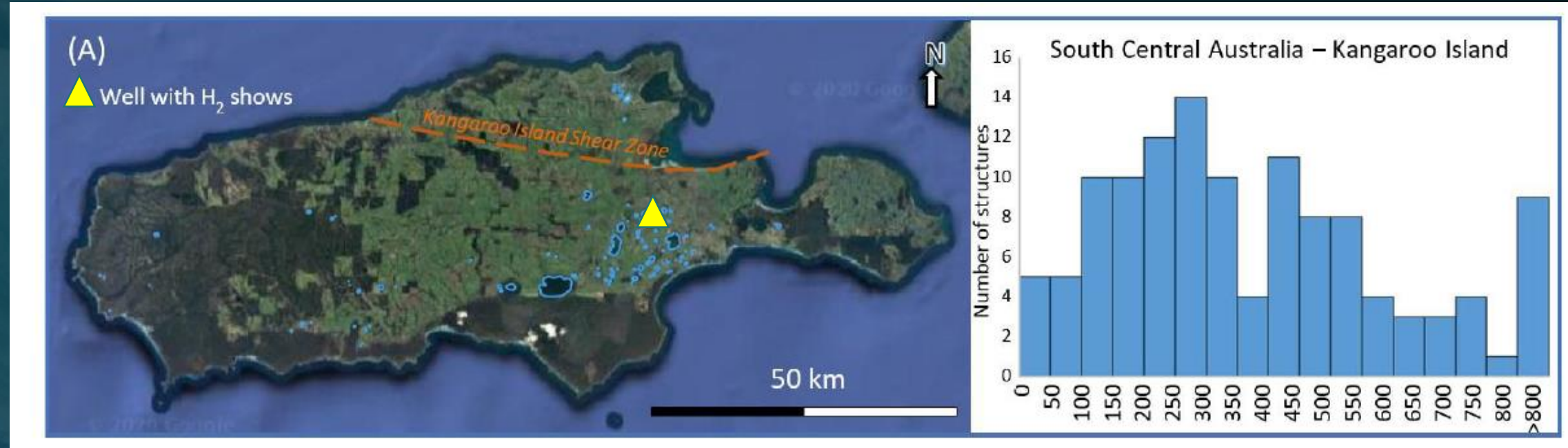


Figure 5. Location of the areas with many circular depressions in Australia (red areas). The yellow stars are the location of the wells that found H₂, the yellow circles highlight the areas where depressions that look like fairy circles can be observed and where statistic has been done in this study.

Kangaroo Island



▲ American Beach Oil (1921 – 83% H₂)

Península de Yorke AUSTRALIA

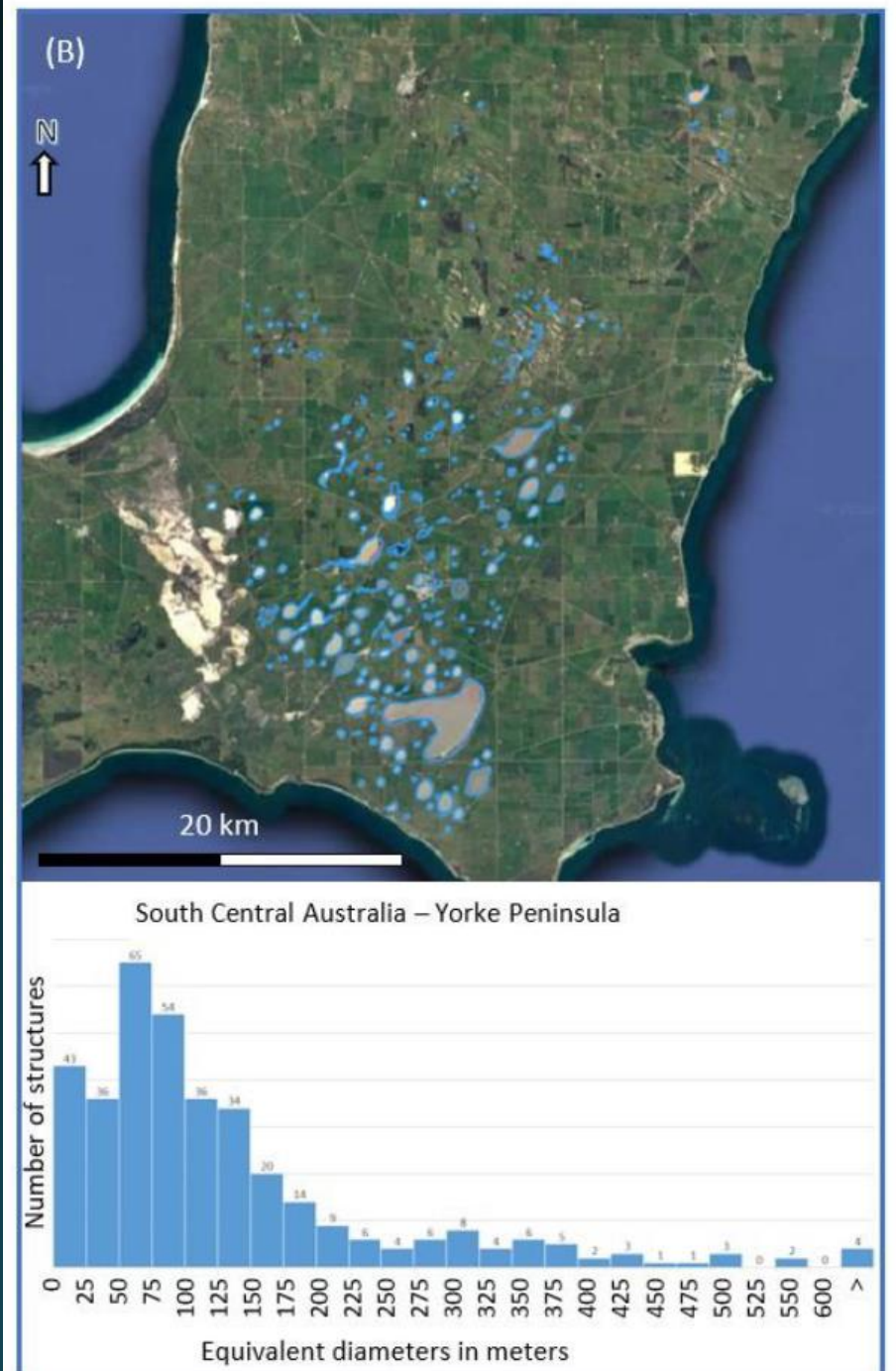
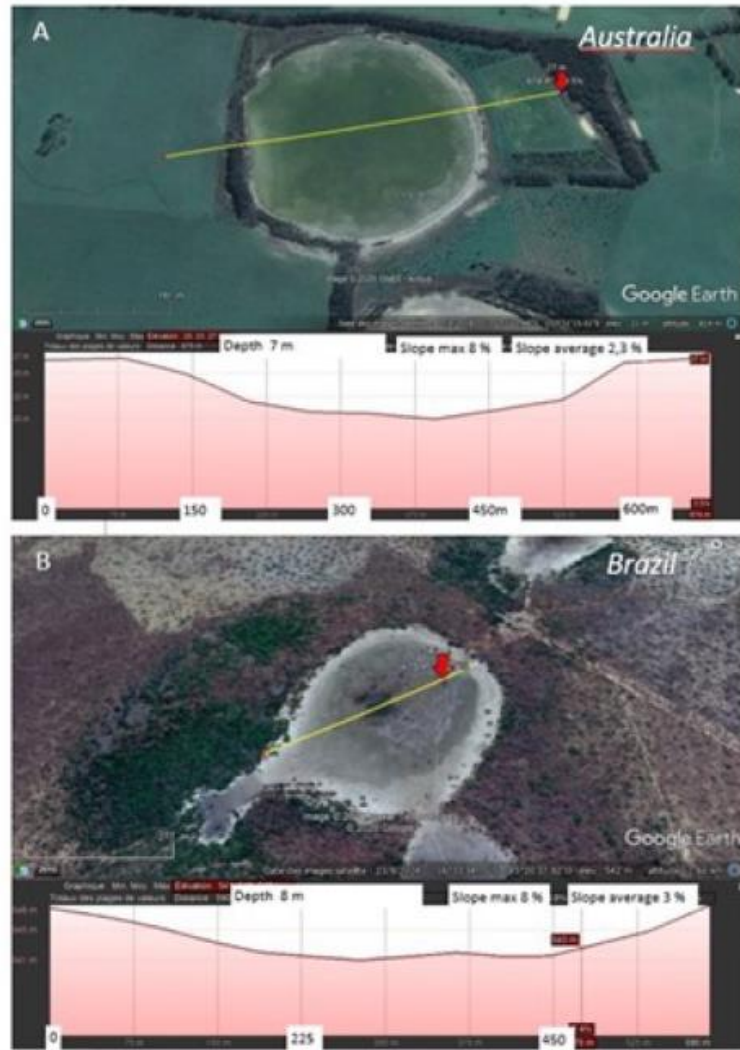


Table 2. Gas analyses from the test of the wells) [47], CO and ethylene have been also measured, their concentration is null. In italic: same analyses, after our correction of air contamination, assuming the standard atmospheric ratio O_2/N_2 for the air fraction of the analyzed gases and considering, as usual, that all the oxygen come from the air and that the only contamination is atmospheric.

	Yorke Peninsula						Kangaroo Island	
Depth (m)	240	240	262	262	262	508	187	288
Original values								
CO ₂ (%)	0.8	0.2	0.8	0.8	0.6	0	5.3	0.52
O ₂ (%)	0	0	3.2	2.4	3	1.2	4.3	3.55
H ₂ (%)	74	76	60	64.4	60	84	51.3	68.64
CH ₄ (%)	7.5	7.5	5.4	7	5.6	0	2.6	4.68
N ₂ (%) by difference	17.7	16.3	30.6	25.4	30.8	14.8	36	22.61
<i>Air corrected values</i>								
CO ₂ (%)	0.8	0.2	1.0	0.9	0.7	0.0	6.8	0.6
H ₂ (%)	74.0	76.0	71.3	73.1	70.5	89.3	65.6	83.3
CH ₄ (%)	7.5	7.5	6.4	7.9	6.6	0.0	3.3	5.7
N ₂ (%)	17.7	16.3	21.3	18.1	22.3	10.7	24.3	10.4

Fairy Circles



Karst - Dolines

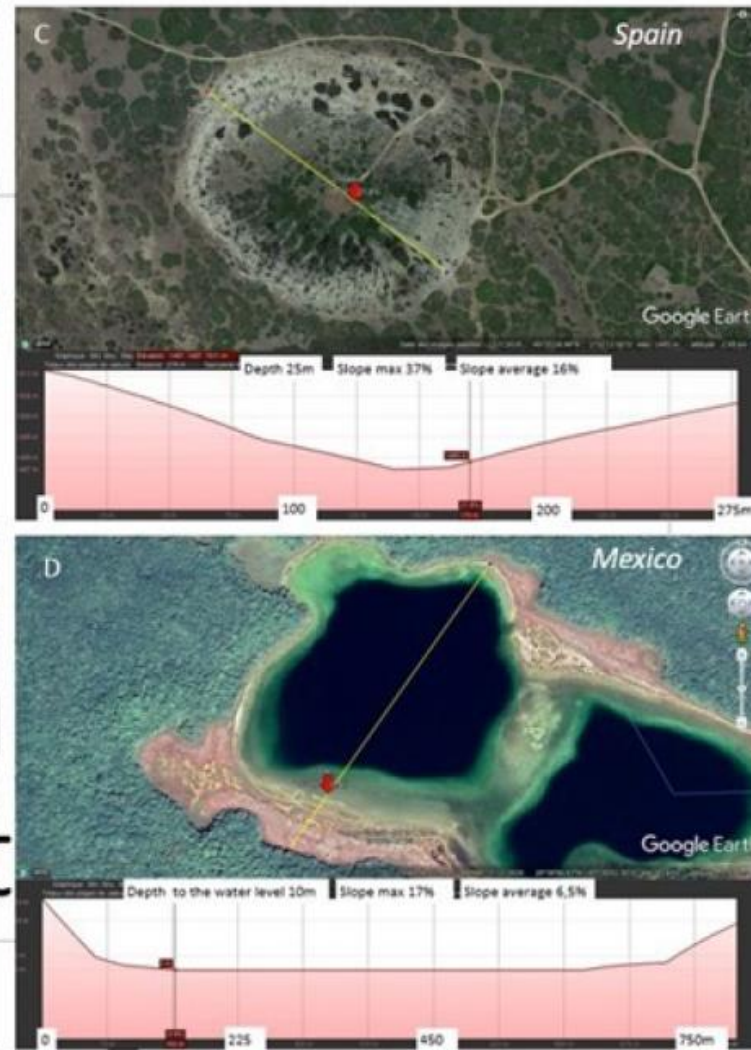


Figure 7. Examples of depressions. Left *fairy circles*, respectively in Australia (A) and Brazil (B). Right karstic dolines. The one in Spain (C) is dry and so the exact depth could be measured. At the opposite extreme is the Yucatan karstic system (D) where the bottom of the sinkholes is an active cave passage which is always filled of water. The depth measured by satellite images is therefore a minimum. Note the shape is similar but that the depth and especially the slopes are different between the two kinds of structures.

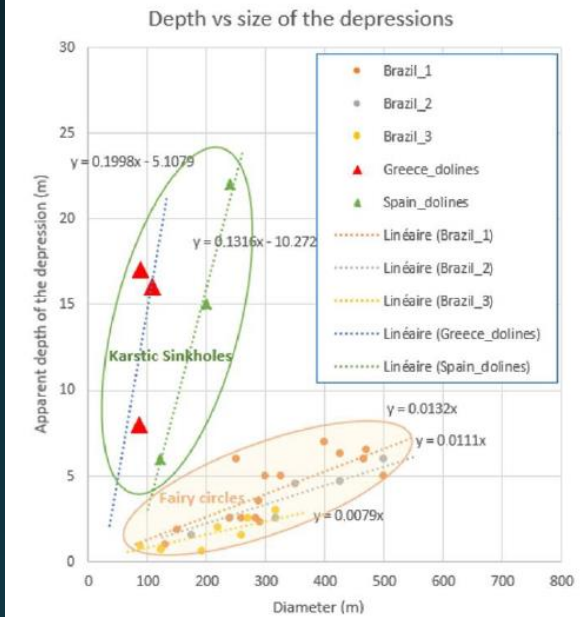


Figure 8. Relationship between size and depth for the studied fairy circles and for dolines from Greece and Spain. The relation size/depth is not perfect for the *fairy circles* but remains around 1%. This relation is different for the dolines, which range to deeper depressions.



França

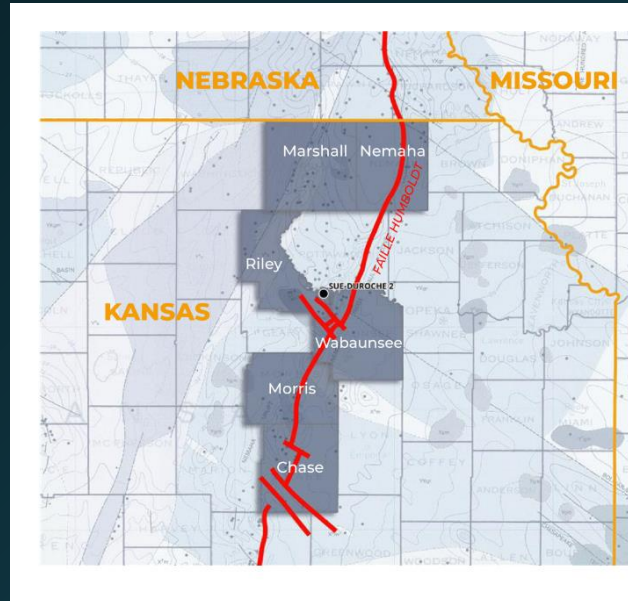


Exploração de Hidrogênio e Hélio

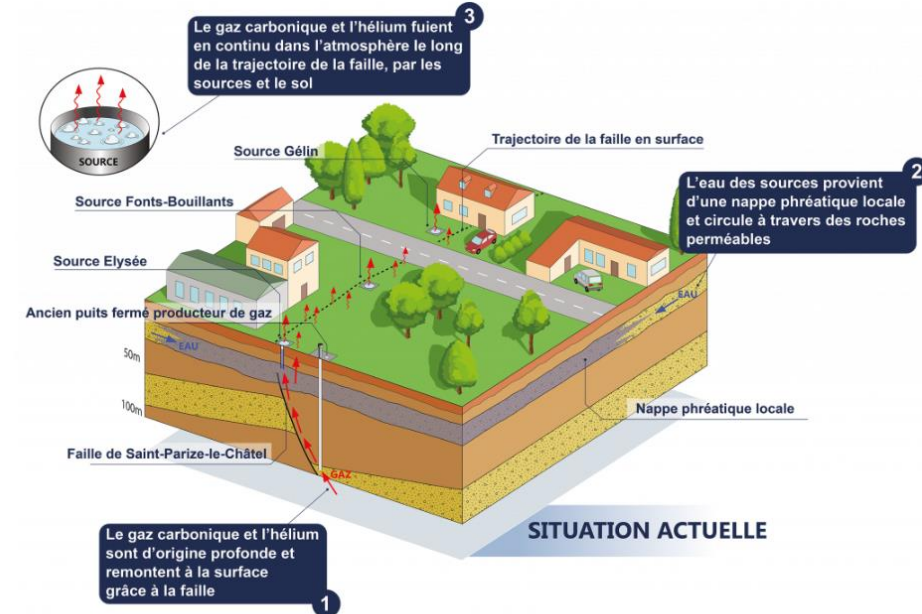


<https://458energy.com/>

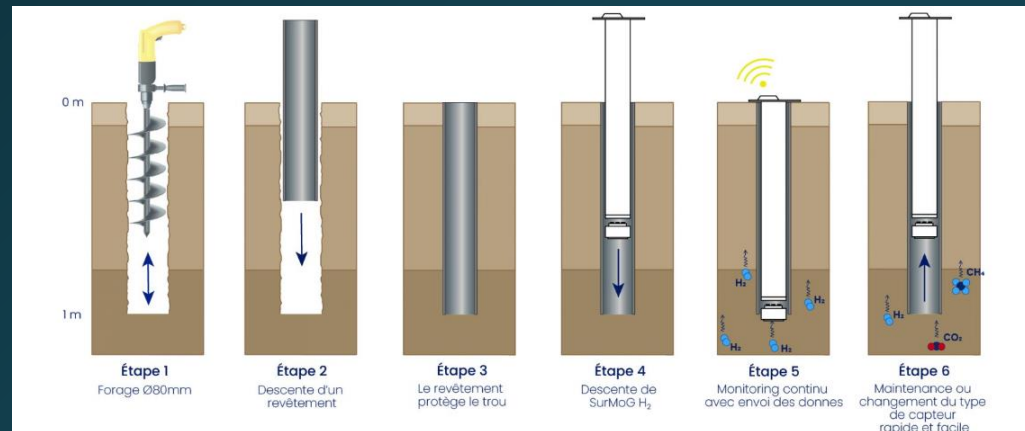
Kansas – EUA (H2 e He)



Le projet Font-Bouillants



Equipamento para monitoramento superficial – He, CO2 ou CH4.





Brasil



Bacia do São Francisco

“Emissão contínua de Hidrogênio natural em bacias sedimentares: Um exemplo brasileiro de uma estrutura emissora de H₂”

“Natural hydrogen continuous emission from sedimentary basins: The example of a Brazilian H₂-emitting structure” (2019)

(1) Alain Prinzhofer
(2) Isabelle Moretti
(3) João B. L. Francolin
(4) Cleuton Pacheco
(5) Angélique d'Agostino
(5) Julien Werly
(5) Fabian Rupin

(1) GEO4U, Rio de Janeiro, Brazil.
(2) Engie SA, Paris, France
(3) GEORISK, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
(4) Engie Brazil, Tubarão, SC, Brazil
(5) Engie Crigen SA, Courbevoie, France



Fonte: hal-02187461 <https://univ-pau.hal.science/hal-02187461v1>

Submitted on 17 Jul 2019

Bacia do São Francisco MG

- A seleção de uma grande estrutura circular localizada na Bacia sedimentar do São Francisco foi feita após uma análise cuidadosa de várias bacias do Brasil .
- A Bacia do São Francisco apresenta uma **seção sedimentar de idade proterozóica**, cuja formação mais recente, de idade neo-proterozóica, a formação Bambui, tem sido extensivamente estudada para exploração de hidrocarbonetos.
- As partes mais profundas da bacia (635 milhões anos) é pouco conhecida, pois apenas algumas perfurações foram realizadas nessas profundidades (acima de 1000 m).
- Perfis sísmicos permitem propor uma interpretação baseada nas extensões de formações geológicas aflorando para leste e oeste nas bordas da bacia, dentro de dois cinturões de dobramentos (thrust belts)
- **Alguns poços de exploração na área estão listados como tendo encontrado hidrogênio natural durante as perfurações**, mas devido ao insucesso em encontrar hidrocarbonetos, esses poços foram abandonados.
- O local está localizado em uma zona de clima seco e quente, e as temperaturas vão de 15° C a um máximo de 35° C após meio-dia. O quantidade de luz solar diária é de 12h.

Metodologia Aplicada

- A estrutura estudada apresenta uma área de cerca de 600 m por 500 m.
- As concentrações iniciais de H₂ detectadas por um GA5000© (de Geotech Comp.), um analisador portátil fora do perímetro da estrutura e resultados geoquímicos apresentaram consistentemente baixos valores de concentrações para o H₂ (<10 ppm).
- Sete analisadores de hidrogênio desenvolvidos pela ENGIE Lab Crigen foram colocados na estrutura por vários meses durante 2018, registrando as concentrações de hidrogênio simultaneamente no solo a cada hora.
- As medições do solo foram feitas em profundidades rasas (menos de 1 m).
- Os sensores de hidrogênio foram inicialmente calibrado com gases de referência em laboratório, para detectar concentrações precisas de até 2.000 ppm.
- O gás era bombeado através de uma sonda de 1 cm² de diâmetro, contendo micro-aberturas na seção inferior. A taxa de bombeamento foi semelhante a do analisador GA5000©, permitindo realizar execuções de amostras comparativas.
- Durante o monitoramento contínuo do conteúdo de gás na estrutura, foi importante observar que as concentrações de H₂ eram geralmente constantes durante os ciclos de tempo de análise (2min) e foram oscilando na faixa de 10 e 20% em média.

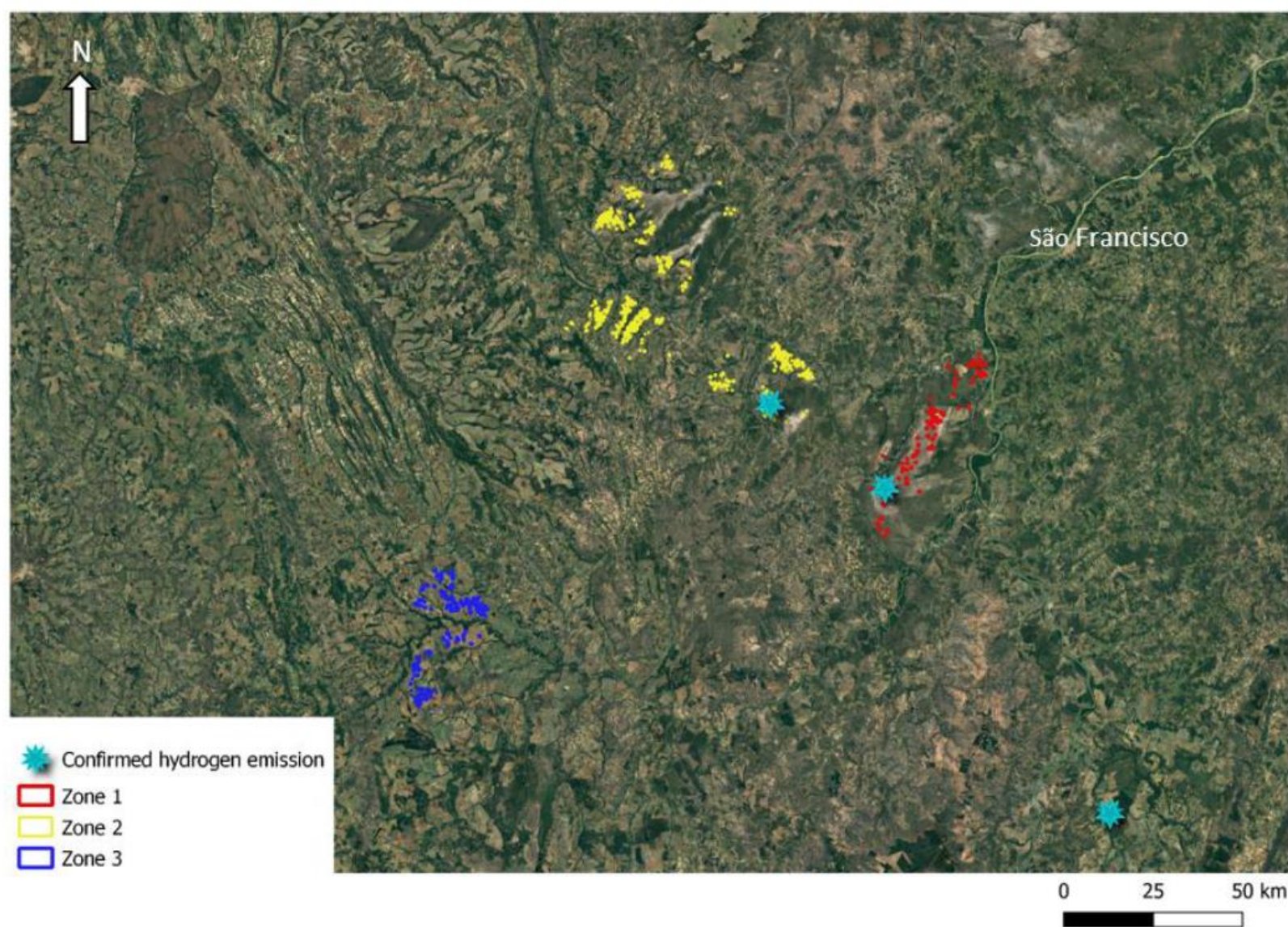


Figure 2. São Francisco Basin, Brazil. The area where H_2 emissions have been already measured are presented with turquoise stars. Each corresponds to a set of measurements (from 10 to 100). The location on the *fairy circles* mapped in the present work are: in red the area called Brazil_1 here. It is where the monitoring is taking place for 2 years [23,24,27], in yellow: Brazil_2, in dark blue: Brazil_3.

The Brazilian Fairy Circles

- Uma dessas depressões circulares, localizada no Brasil, foi selecionada para um estudo de caso de monitoramento aprofundado do solo para investigar a exsudação do hidrogênio em função do espaço e do tempo.
- Ferramentas comerciais para monitorar continuamente os fluxos de H₂ não estavam disponíveis no conjunto instrumental dos pesquisadores brasileiros.
- O laboratório Crigen de P&D da ENGIE desenvolveu um inovador detector para medir as concentrações de H₂ no ar e no espaço poroso do solo.
- Cada sensor foi calibrado em laboratório com um gás padrão de referência contendo 1000 ppm de H₂.
- Esses sensores foram automatizados para realizar uma medição em uma determinada frequência.
- Diferentes parâmetros são enviados em tempo real para uma base de dados através de um sistema, que acumula os dados e os transmite via satélite.
- Os sensores de hidrogênio foram projetados para trabalhar ao ar livre e suportar diferentes temperaturas e condições climáticas e funcionam bem em áreas muito remotas.

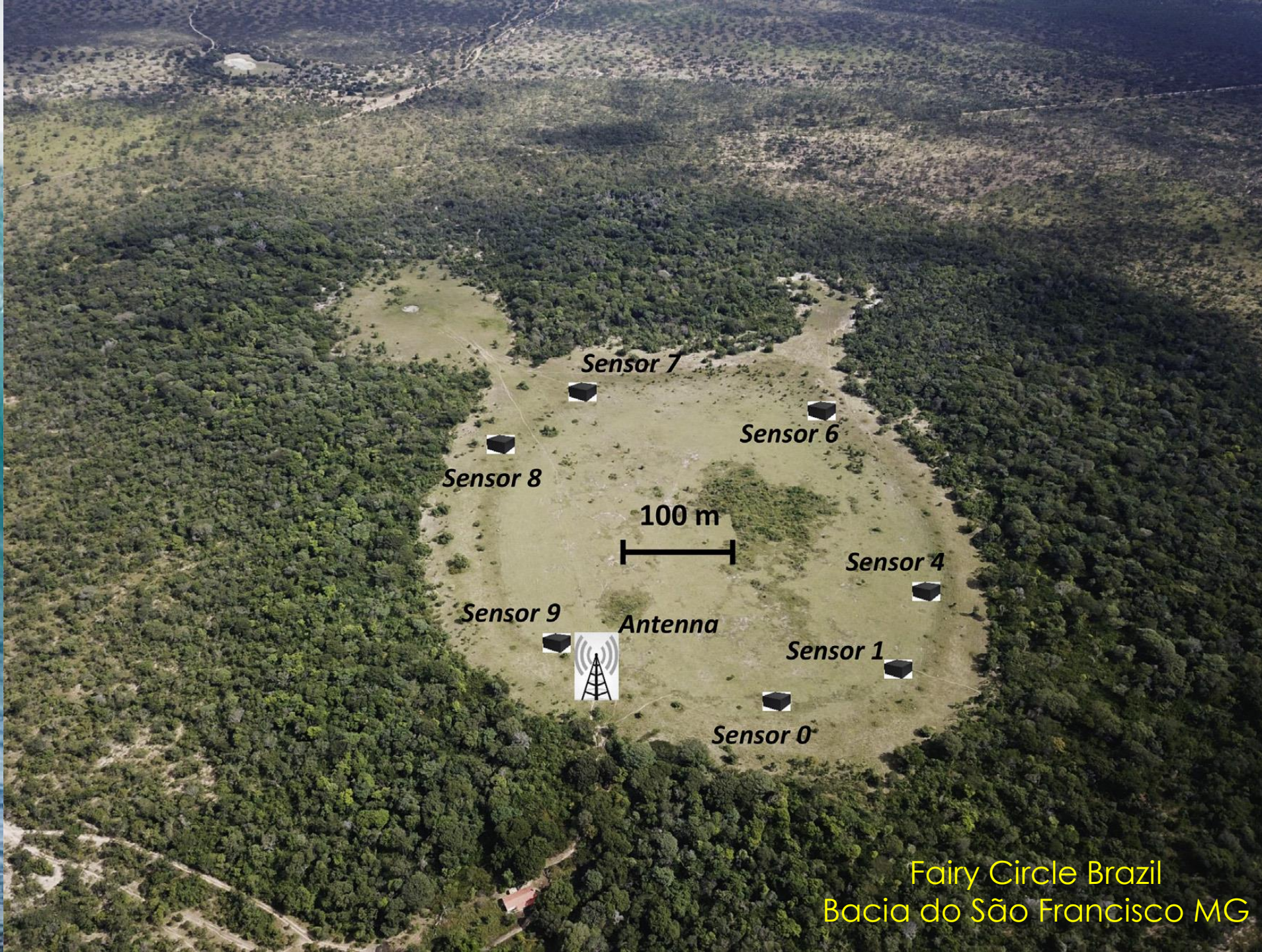


Figura 01 - Foto da localização do monitoramento de H₂ em depressão circular da Bacia de São Francisco (Brasil)

As posições dos Sensores de H₂ e a antena de transmissão de dados são mostradas.

Fairy Circle Brazil
Bacia do São Francisco MG

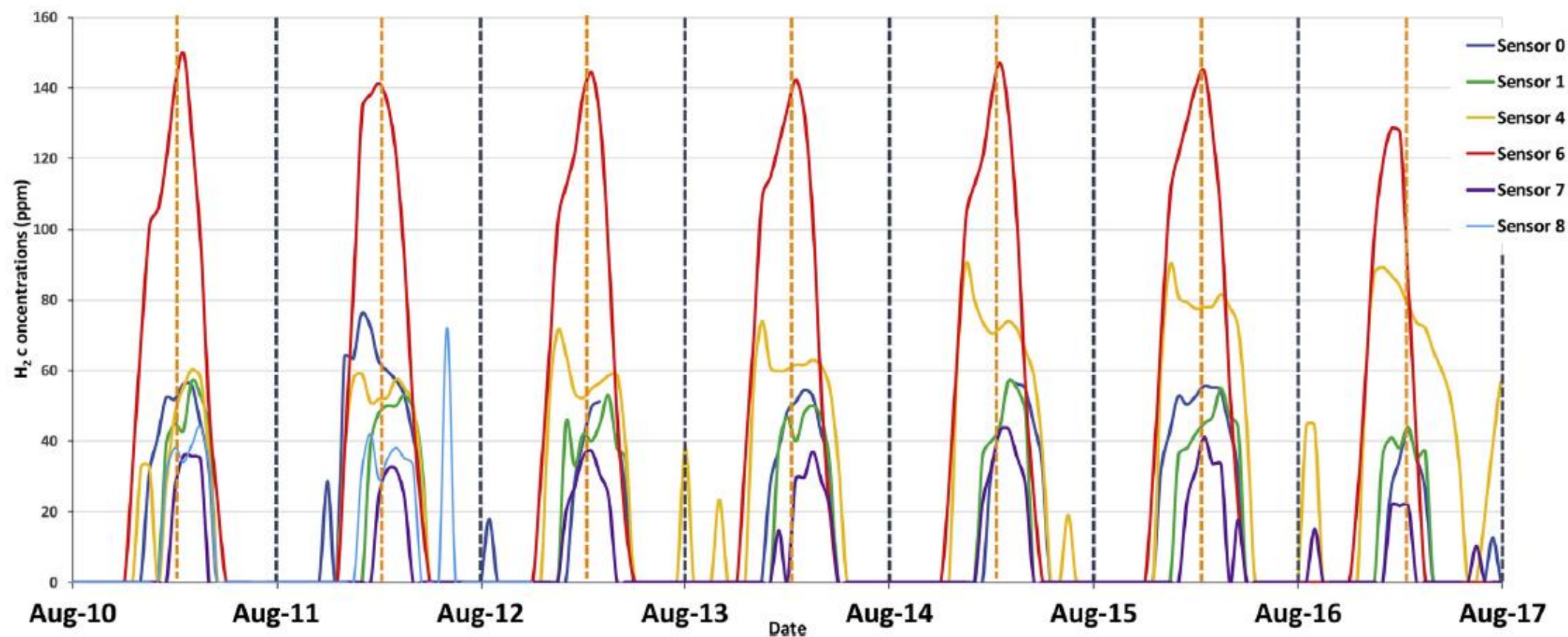


Fig. 2 – Week-long H₂ monitoring in soils of the studied structure of sensors #0, 1, 4, 6, 7 and 8. Concentrations are in ppm. The dashed vertical grey lines indicate midnight. The dashed vertical orange lines indicate midday. Sensors #2, 3 and 5 were not presented in this Figure. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

Interpretação

- Analisadores de gases permanentes foram instalados para monitorar o solo e estimar o fluxo do gás hidrogênio em uma depressão circular topográfica localizada no Brasil.
- Os dados mostram que um o fluxo de hidrogênio ocorre durante o momento mais quente do dia, através de um conjunto de sensores ajustados em um espaçamento regular. O processo aparenta ser uma evaporação do solo.
- Nessa mesma estrutura, outros detectores mostram um escape de gás irregular muito maior, que assim apresenta uma correlação pouco clara em função da temperatura ambiente e da pressão atmosférica.

Geofísica na BSF

Anomalias de H₂
próximas ao poço
Remanso do Fogo

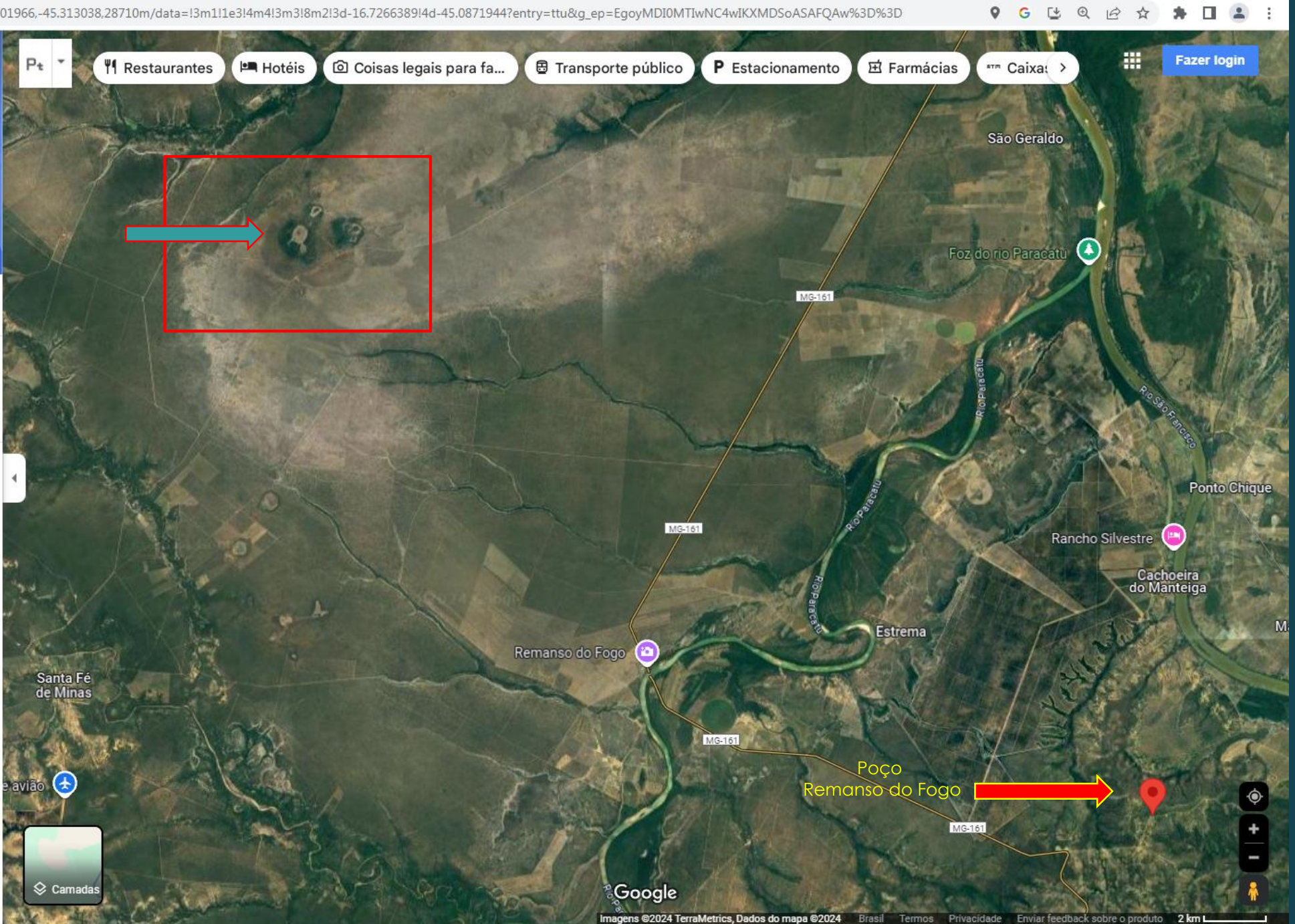
Q X

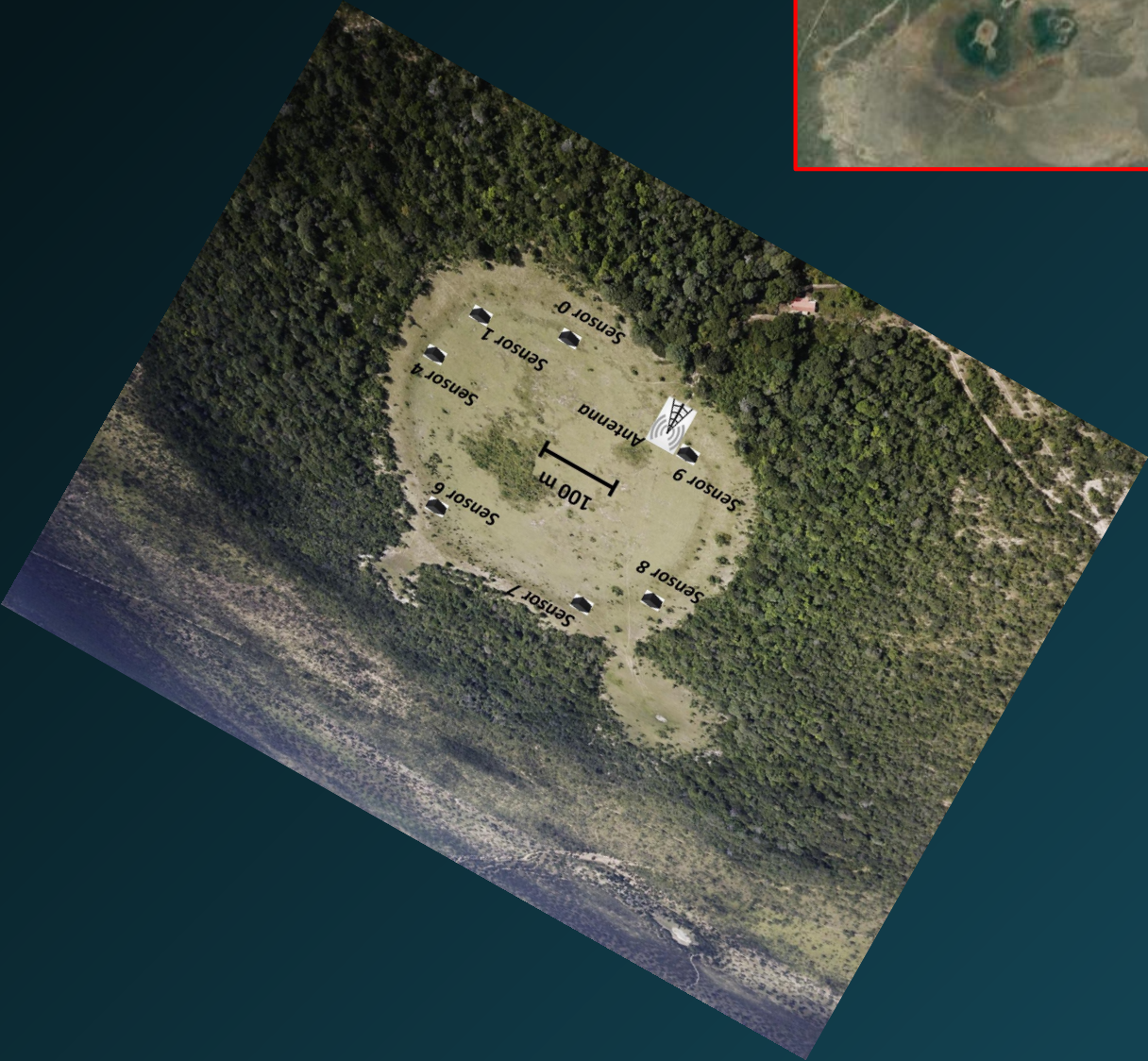


Poço Exploratório 1-RF-1-MG

 Rotas
  Salvar
  Próximo
  Enviar para o smartphone
  Compartilhar

PERFIL COMPOSTO							
IRF 0001 MG		PREF: 10					
REMANSO DO FOGO-I		DESIGNAÇÃO ELEVACOES					
LOCALIZAÇÃO		LINHA SÍSMICA:					
QUADRANGULO: SE-23-C-IV -2-SE		BAP= 627.7 M WR= 633.0 M					
ÁREA DO CAMPO:		PROFUNDIDADE					
PACIA: SAO FRANCISCO		PERFURACAO: 1848.0 M PERFILAGEM: 1847.5 M PONTO DE TIRO: (-1215.0 M)					
COORDENADAS DO ALVO		FORMAÇÃO:					
(OBJETIVO PRINCIPAL)		DATAS					
OGRÁFICAS: LATITUDE: 16 43 35.87 S		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">INÍCIO PERFURACAO</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">TERMINO PERFURACAO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">29/10/88</td> <td style="text-align: center;">24/12/88</td> </tr> </table>		INÍCIO PERFURACAO	TERMINO PERFURACAO	29/10/88	24/12/88
INÍCIO PERFURACAO	TERMINO PERFURACAO						
29/10/88	24/12/88						
LONGITUDE: 45 5 13.85 W		RECLASSIFICAÇÃO: SECO COM INDICAÇÃO DE GAS.					
M: X= 8150662.0 M		DATA: 31/01/89					
Y= 490707.0 M WC= 45		EQUIPAMENTO					
E		DATA: 31/01/89					
COORDENADAS DA BOCA		Sonda N: SC60 OPERADOR: PETROBRAS					
M: X=							
Y=							
WC=							
TUM: S40-69							





Avaliação do poço Remanso do Fogo (1-RF-01-MG)



PETROBRAS
PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.

2

I - GEOLOGIA

1 - INTRODUÇÃO

Próximo da confluência entre os rios São Francisco e o Paracatu, este último forma em seu curso um remanso com discretos e permanentes borbulhamentos de gás chamado Remanso do Fogo. Esta feição geográfica deu nome ao poço locado e executado no distrito de Cachoeira da Manteiga, município de Buritizeiros (MG), mais precisamente 130 Km a W de Montes Claros e 72 Km NNW de Pirapora, 1-RF-1-MG.

1.1 - GENERALIDADES

O acesso à sonda, a partir do Distrito de Exploração do Espírito Santo (DEXES) localizado na cidade de São Mateus, se deu em aeronave de pequeno porte em 3 horas de voo até a cidade de Pirapora (MG), sendo a partir desta percorridos 25 Km de estrada asfaltada em direção a Brasília e mais 80 Km de estrada de terra na direção à cidade de São Romão. A geografia local é caracterizada por clima quente e úmido a pouco úmido, vegetação arbustiva e pouco densa típica de cerrado. A economia é apoiada principalmente na produção de carvão vegetal, pecuária de corte, plantações de eucalipto, pesca e dicreto turismo no rio São Francisco e afluentes, além de raras culturas de subsistência.



Figura 7.2 - Atuais seeps na região de Remanso do Fogo. A) Exsudações no Rio Paracatu B) e C) Escape contínuo de gás formado ao longo de drenagens localizadas na área do Rio Paracatu identificados em trabalho de campo.

Poço Exploratório 1-RF-0001-MG



P E R F I L C O M P O S T O

<https://reate.cprm.gov.br/anp/TERRESTRE>

1RF 0001 MG

PREFIXO

REMANSO DO FOGO-1

DESIGNACAO

ELEVACOES

LOCALIZACAO

QUADRANGULO: SE-23-C-IV -2-SE

BAP= 627.7 M MR= 633.0 M

LINHA SISMICA:

AREA OU CAMPO:

PROFUNDIDADE

BACIA: SAO FRANCISCO

PERFURACAO: 1848.0 M PERFILAGEM: 1847.5 M PONTO DE TIRO:
(-1215.0 M)

COORDENADAS DO ALVO

FORMACAO:

(OBJETIVO PRINCIPAL)

DATAS

GEOGRAFICAS: LATITUDE: 16 43 35.87 S

INICIO PERFURACAO

TERMINO PERFURACAO

RECLASSIFICACAO:

LONGITUDE: 45 5 13.85 W

29/10/88

24/12/88

SECO COM INDICACAO DE GAS.
(62)

UTM: X= 8150662.0 M

EQUIPAMENTO

DATA: 31/01/89

Y= 490707.0 M MC= 45

SONDA N.: SC60 OPERADOR: PETROBRAS

E

COORDENADAS DA BOCA

UTM: X=

Y= MC=

DATUM: SAD-69

DATA DE ATUALIZACAO

23/05/02

AUTOR

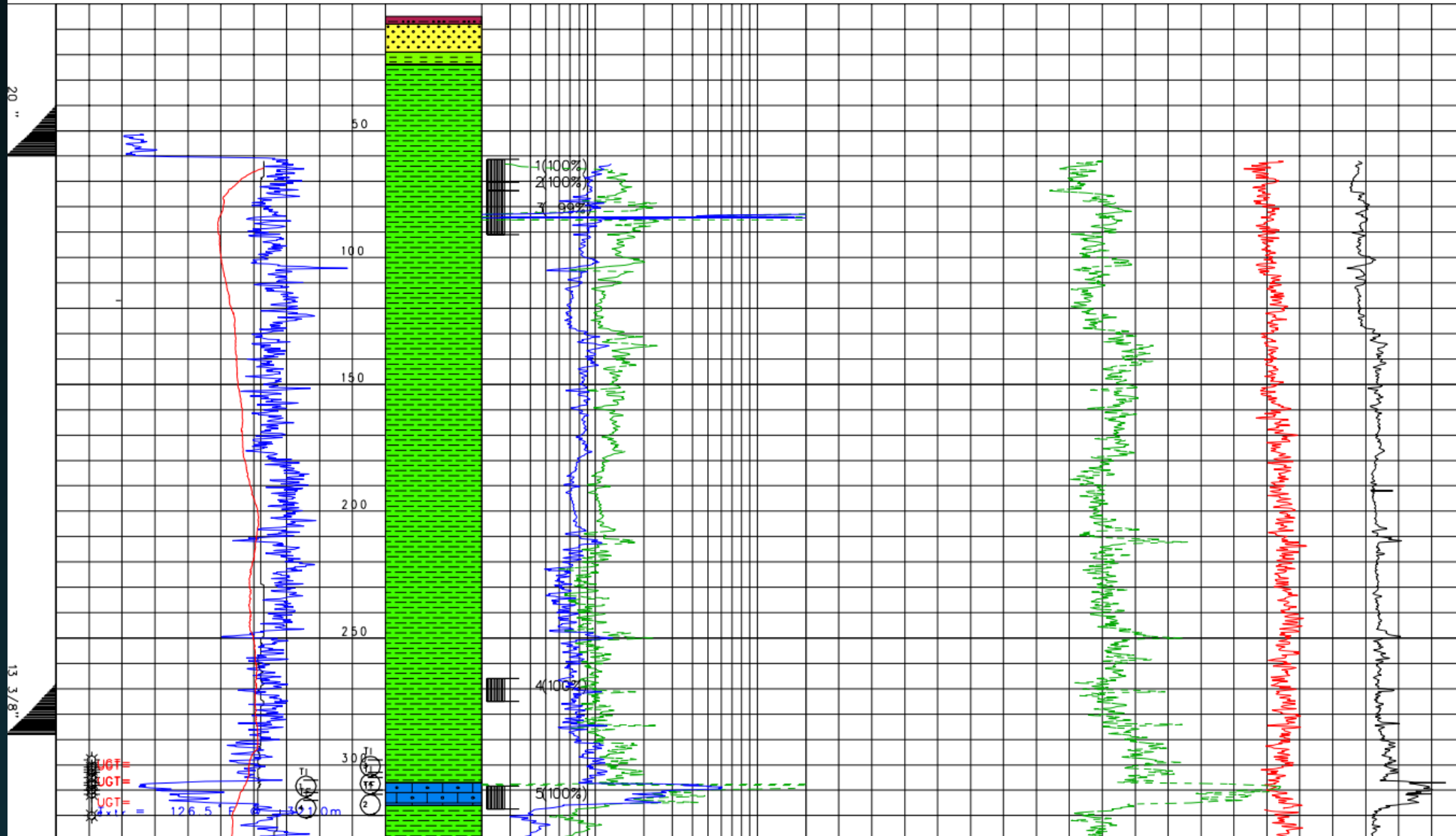
Poço Exploratório 1-RF-0001-MG

<https://reate.cprm.gov.br/anp/TERRESTRE>

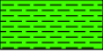
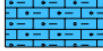
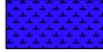
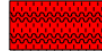
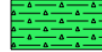
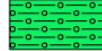
SP -300.0 200.0
GR 0.0 150.0
CALI 6.0 16.0

LLS 0.2 20.0
LLD 0.2 20.0

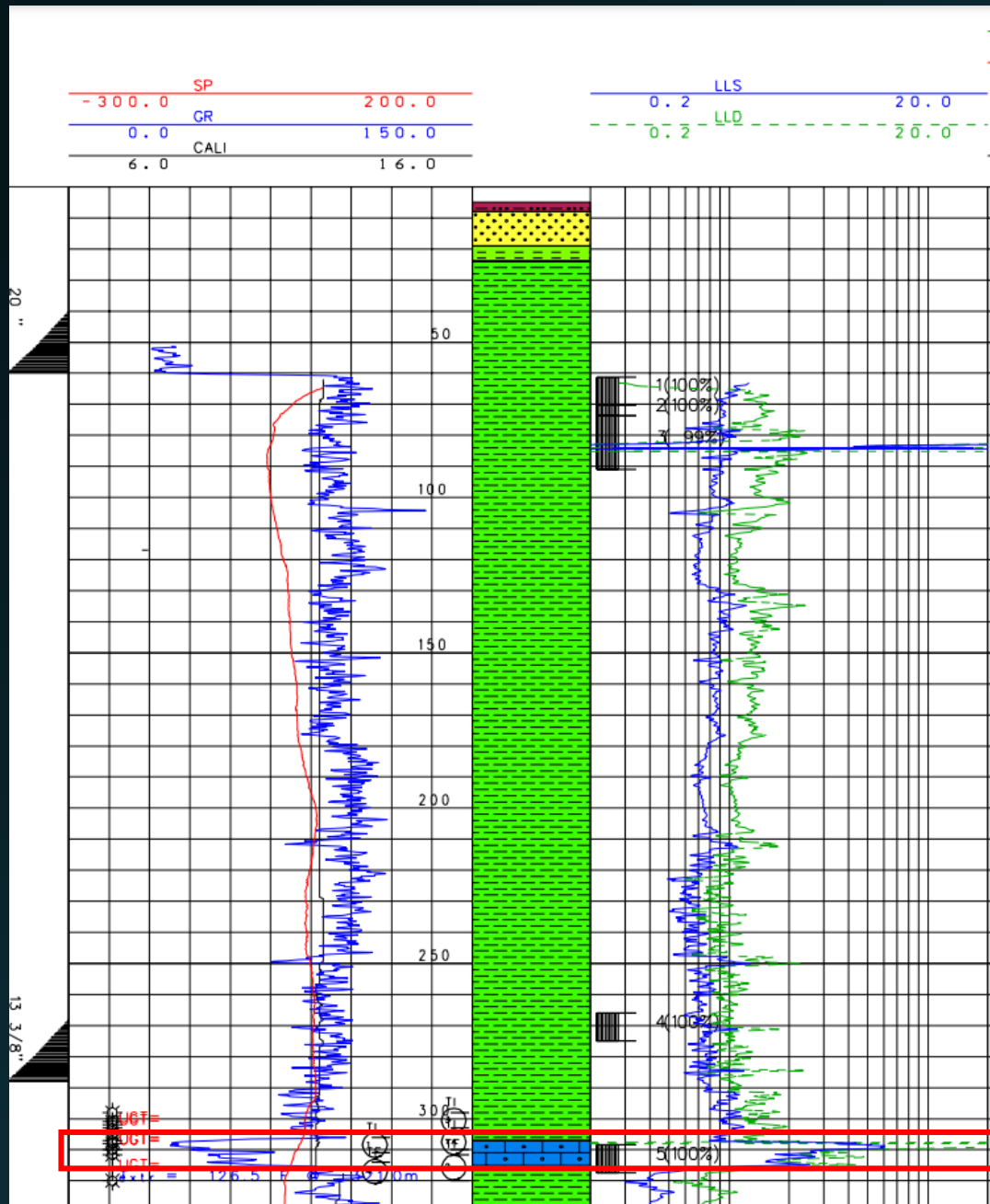
NPHI 45.0 15.0
RHOB 2.0 3.0
DT 240.0 40.0



Litologia / Lithology

-  conglomerado/conglomerate
-  arenito/sandstone
-  silito/siltstone
-  argilito/mudstone
-  folhelho/shale
-  calcirudito/calcirudite
-  calcarenito/calcarenite
-  coquina/coquina
-  calcissilito/calcisiltite
-  calcilutito/calcilutite
-  marga/marl
-  calcáreo/limestone
-  basalto/basalt
-  tufo/tuff
-  rochas metamórficas
metamorphic rocks
-  ígneas/igneous rocks
-  brechas/breccia
-  tilito/tillite
-  diamictito/diamictite

Poço Exploratório 1-RF-0001-MG (descrição de Testemunho)



RELATÓRIO GEOLÓGICO QUINZENAL									
DESCRIÇÃO DE TESTEMUNHO									
DESDU/DINDEO		POÇO: 1-RF-1-MG		DATA: 06.11.1988		RELATÓRIO N.º: SC-60		ÁREA OU CAMPO: REMANSO DO FOGO	
N.º TEST.: 05		TIPO: D		INTERVALO: (m) 308,4 / 317,4		RECUPERAÇÃO: 9,0 / 100		UNIDADE OU FORMAÇÃO: SÃO FRANCISCO	
DESTINO DAS AMOSTRAS		TIPO DE TESTEMUNHO		INDÍCIOS		CORTE		ODOR - O	
P ☐ PALEO S ☐ SEDIM		L ☐ PORO, K, SW, SO OUTROS		C - CONV. CB - CABO		D - DIAMANTE AL - AM. LATERAL		MANCHA-M	
INTERVALO DE PROFUNDIDADE (m)		LITOLOGIA ESC. 1:50		INDÍCIOS		MERGULO GR. 10		DESCRIÇÃO	
308,4 308,5								INTV. 308,4/308,5 (0,1m): CALCARENITO cinza escuro, argiloso, recristalizado, porosidade aparente fechada, duro. INTERVALO 308,5/317,4 (8,9m): CALCARENITO cinza claro a escuro, médio a grosso, matriz suportada ("wackestone") micrítica, argilosa; recristalizado, porosidade de aparente fechada, acamamento horizontal a subhorizontal, duro; intercalado por bandas e lâminas plano-paralelas cinza escuras a pretas argilosas, muito levemente carbonática. A seção apresenta fissibilidade associada às interfaces entre os níveis argilosos e o calcarenito, que possivelmente, são responsáveis pelas melhores condições permeáveis do intervalo testemunhado. Localmente ocorrem microfraturas preenchidas por calcita. A rocha liberou levíssimo odor de gases ao ser quebrada logo após a testemunhagem. OBSERVAÇÃO: a composição do calcarenito é de difícil distinção devido a recristalização. ESTE DOCUMENTO CONTÉM ALGUNS DADOS ILEGÍVEIS	

4 - AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO

4.1 - TESTES DE FORMAÇÃO

TFS-01 - Intervalo 306/311m, Formação Lagoa do Jacaré. Teste suspenso pois a ferramenta topou antes de chegar ao fundo do poço.

TFS-01A - Intervalo 305/310m, Formação Lagoa do Jacaré. Queima de gás com chama amarela avermelhada de 1,0 metro passando para 2,0 metros aos 90 minutos do 2º fluxo, constante até o final. Teste conclusivo, intervalo de baixíssima transmissibilidade, portador de gás.

TF-02 - Intervalo 311,5/320,0m, Formação Lagoa do Jacaré. Teste mecanicamente falho devido ao deslocamento do obturador, conclusivo quanto ao fluido recuperado no amostrador. Intervalo portador de gás e provável condensado.

TF-03 - Intervalo 298/303m, Formação Lagoa do Jacaré. Recuperado no amostrador fluido de perfuração emulsionado por gás e condensado pressurizados a 22 psi. Teste conclusivo em intervalo de baixíssima transmissibilidade, portador de gás e provável condensado.

Poço Exploratório 1-RF-0001-MG (Resultado dos gases coletados)

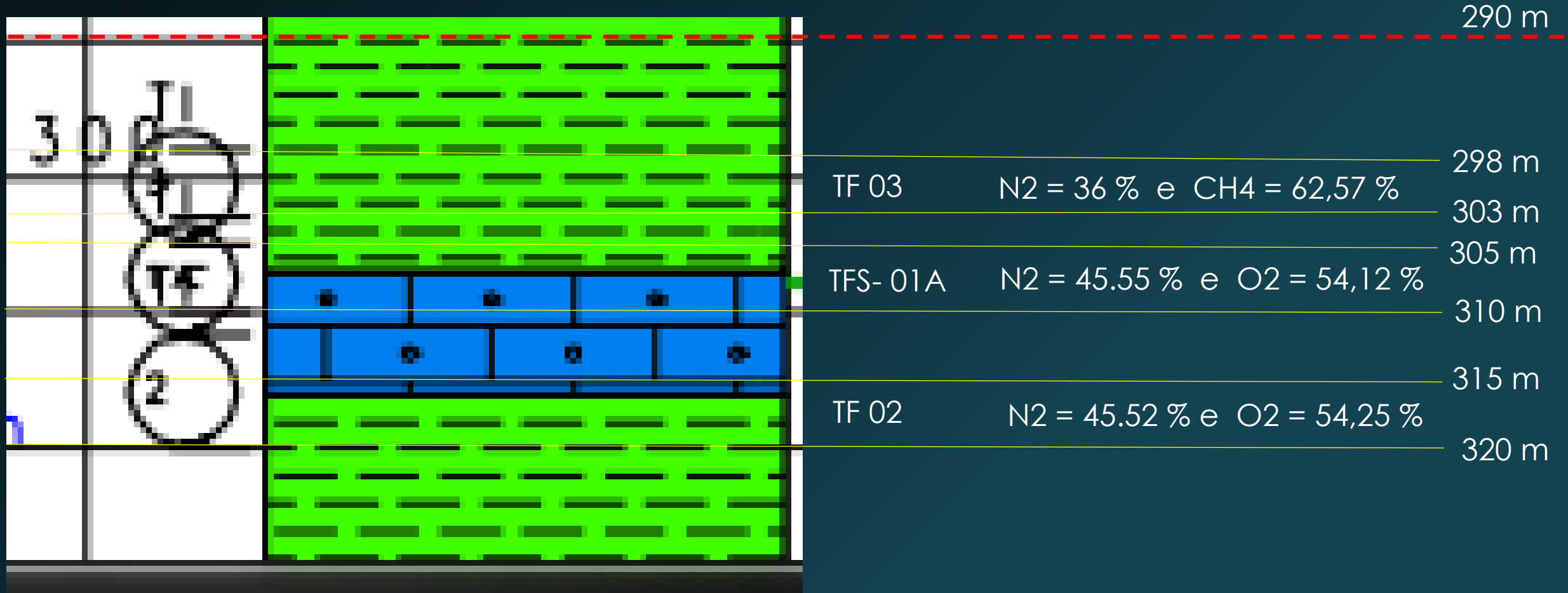
RESULTADOS ANALITICOS DOS GASES COLETADOS NO POÇO 1-RF-1-MG								
Componente (%)	TFS-03 298-303m sampler (3)	TFS-03 298-303m manifold (1)	TFS-01A 305-310m manifold (5)	TFS-01A 305-310m manifold (2)	TFS-01A 305-310m manifold (4)	TFS-01A 305-310m sampler (6)	TFS-02 311,5-320m sampler (4)	laboratório
Helio	0,15		0,03	-			0,02	Diquim/Sequim
Nitrogênio	36,34		45,55	43,57			45,52	
Oxigênio	-	n.a.	54,12	55,72	n.a.	n.a.	54,05	
Diox de Carbono	-		0,30	0,70			0,40	
Metano	62,57		-	-			-	
Etano	0,92		-	-			0,005	
Propano	0,02		-	-			-	
pressão na coleta (psig)	22	0	14	14	6	5	10	SC-60
Componente (ppm)								DIVEY / SEGEQ (FID)
Metano -C ₁	9.567,78	13,76	21,25	15,76	31,09	12,78	64,97	
Etano -C ₂	4.383,24	0,16	1,49	0,48	-	-	18,24	
Propano -C ₃	143,27	-	1,20	0,20	-	-	5,12	
Butanos -C ₄	1,91	-	2,33	-	-	-	0,69	
Pentanos -C ₅	0,33	-	2,25	0,84	-	0,14	1,35	
Hexanos -C ₆	0,05	-	1,37	0,93	-	0,54	0,76	
Hexenos +	28,53	2,42	0,89	1,57	0,95	0,03	1,24	
¹³ C _{C1} ‰	-49,32	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
¹³ C _{C2} ‰	n.a.							
¹⁴ C _{C1} ‰	n.a.							

Obs: n.a. - não analisado devido qtd. insuficiente

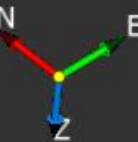
4159

ESTE DOCUMENTO CONTEM
ALGUNS DADOS ILEGÍVEIS

Poço Exploratório 1-RF-0001-MG (Resultado dos gases coletados)



A camada mais superficial de sedimentos finos (folhelhos) é um bom selante para o Gás.





Search for term...



Layers

Select the layers you wish to see.

- ☐ Multi-physics
- ☒ Wells
 - ☒ Public Wells
 - ☒ Exploration
 - ☒ Production
 - ☐ Special
 - ☒ Confidential Wells
 - ☒ Exploration
 - ☐ Production
 - ☒ Special
- ☐ Seismic
 - ☐ 2D Seismic
 - ☐ Pre-stack
 - ☒ Post-stack
 - ☐ 3D Seismic
 - ☐ Pre-stack
 - ☐ Post-stack
- ☐ Areas under contract
 - ☐ Blocos de Exploração
 - ☐ Campos de Produção
- ☐ Rodadas - Em Andamento
 - ☐ Blocos Ofertados - OPC 4º Ciclo
 - ☐ Blocos Arrematados - OPC 4º Ciclo
 - ☐ OPC - Blocos em Oferta



Hover the cursor over the map to visualize the Latitude/Longitude

5 km



Search for term...



Layers

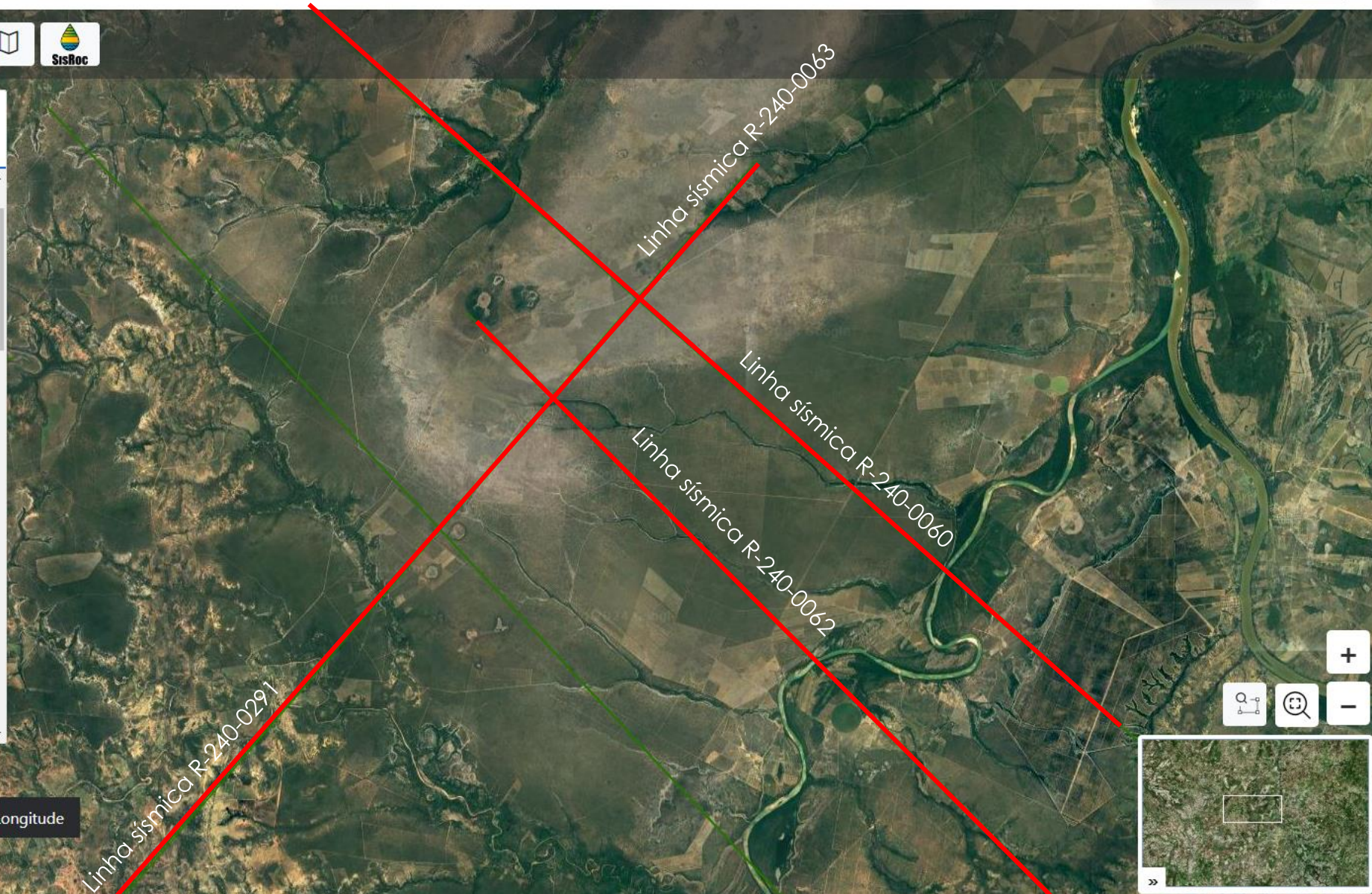
Select the layers you wish to see.

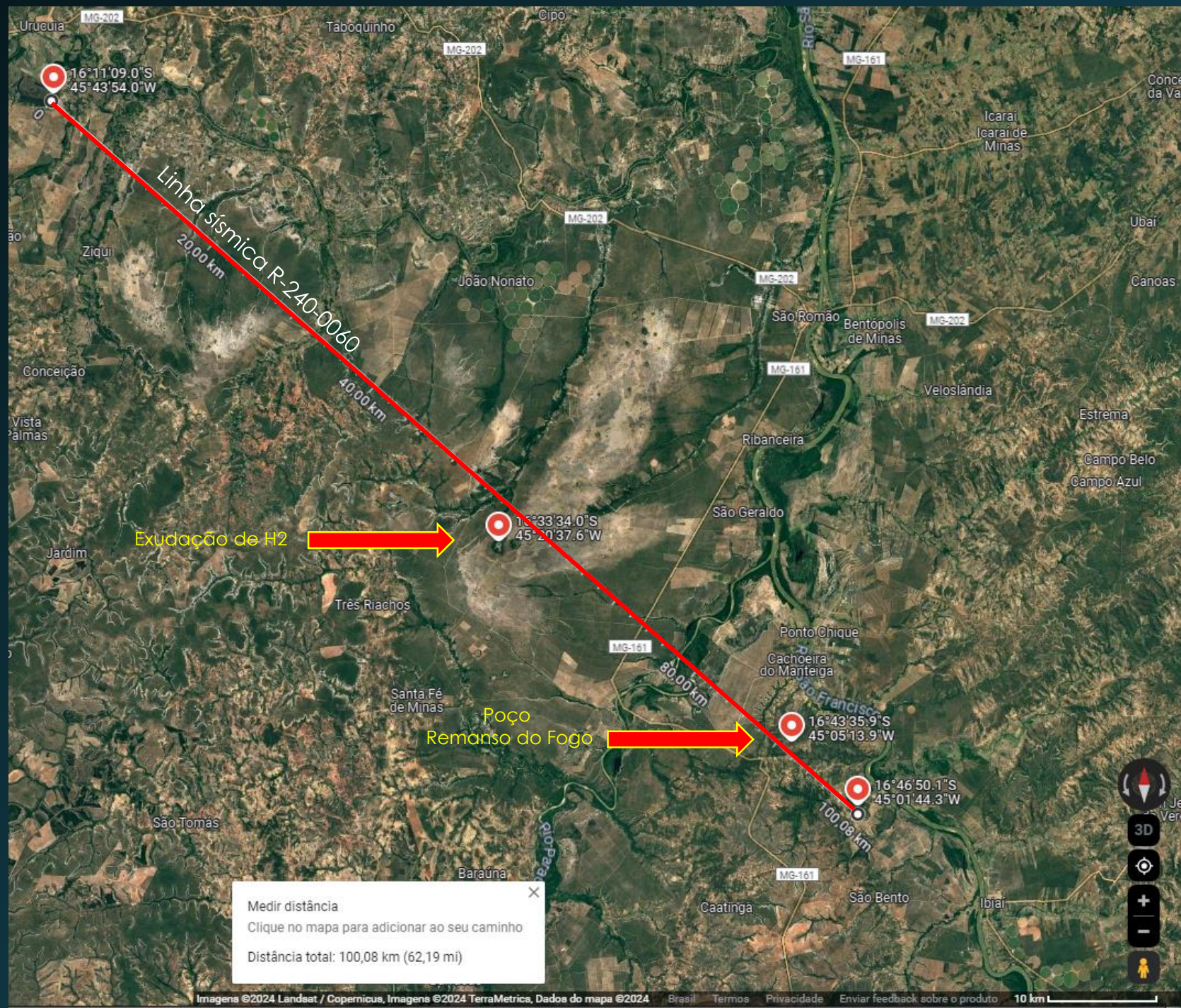
- ☐ Multi-physics
- ☒ Wells
 - ☒ Public Wells
 - ☒ Exploration
 - ☒ Production
 - ☐ Special
 - ☒ Confidential Wells
 - ☒ Exploration
 - ☐ Production
 - ☒ Special
- ☒ Seismic
 - ☒ 2D Seismic
 - ☐ Pre-stack
 - ☒ Post-stack
 - ☐ 3D Seismic
 - ☐ Pre-stack
 - ☐ Post-stack
- ☐ Areas under contract
 - ☐ Blocos de Exploração
 - ☐ Campos de Produção
- ☐ Rodadas - Em Andamento
 - ☐ Blocos Ofertados - OPC 4º Ciclo
 - ☐ Blocos Arrematados - OPC 4º Ciclo
 - ☐ OPC - Blocos em Oferta



Hover the cursor over the map to visualize the Latitude/Longitude

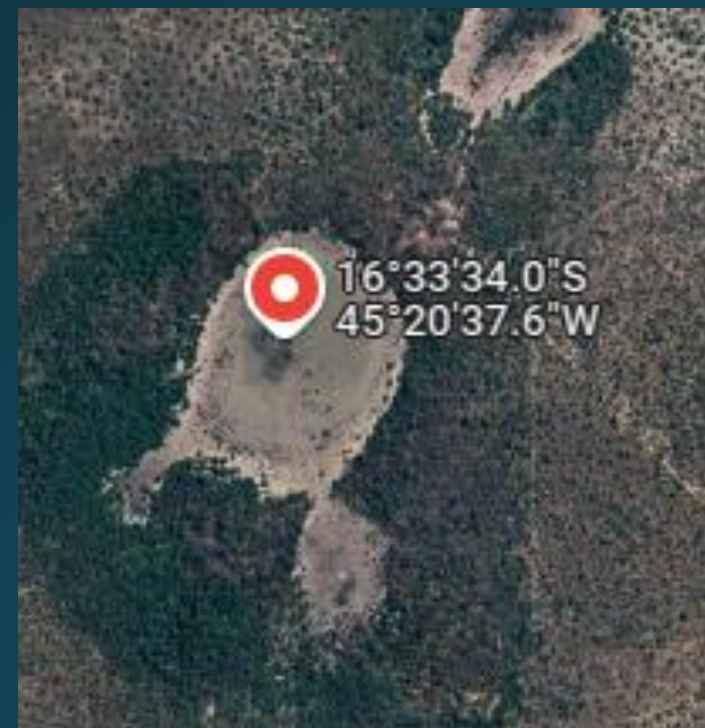
5 km







Medir distância
Clique no mapa para adicionar ao seu caminho
Distância total: 100,01 km (62,14 mi)



Line: R0240_SAO_FRANCISCO_045_PSTM.2D.PSTM.0240-0060.0000006

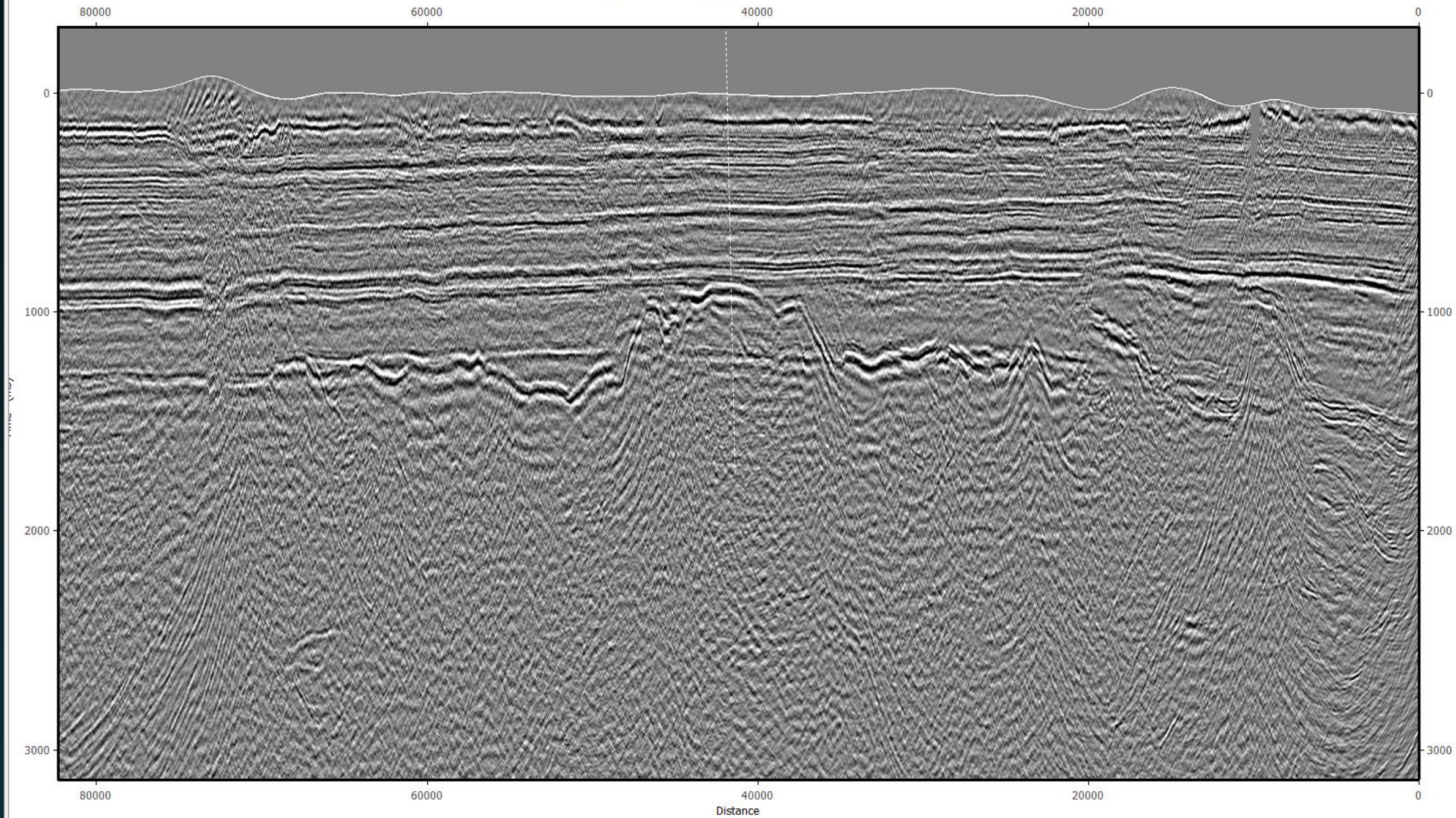
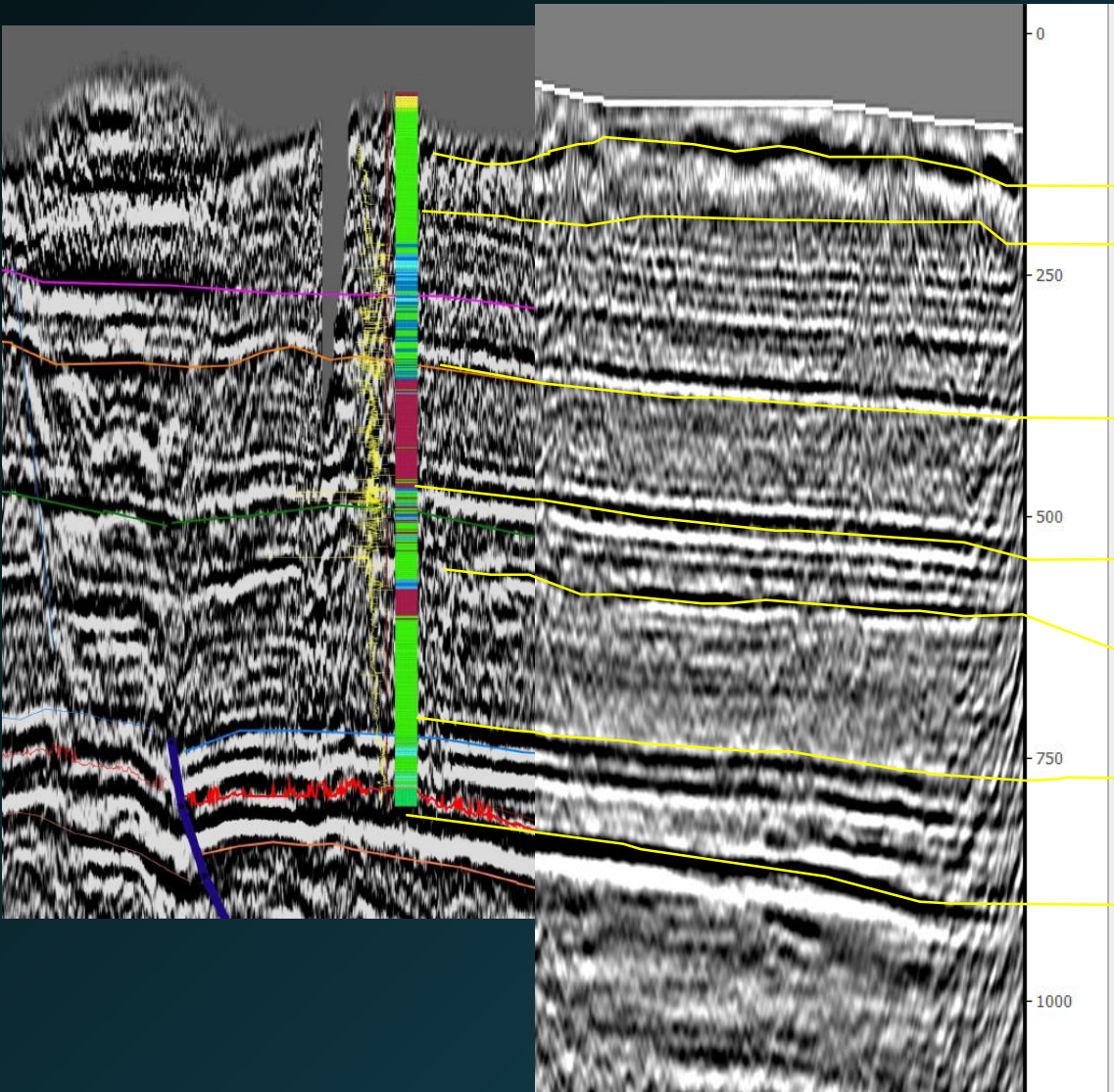


Imagem do artigo
(poço 1-RF-01-MG)

Imagem da linha Sísmica
RL 0240-060

Reavaliação Geológica da porção
Baiana da Bacia do São Francisco



Sedimentos finos ?

Carbonatos intercalados
com sedimentos finos ?

Siltitos

Carbonatos intercalados
com sedimentos finos

Sedimentos finos

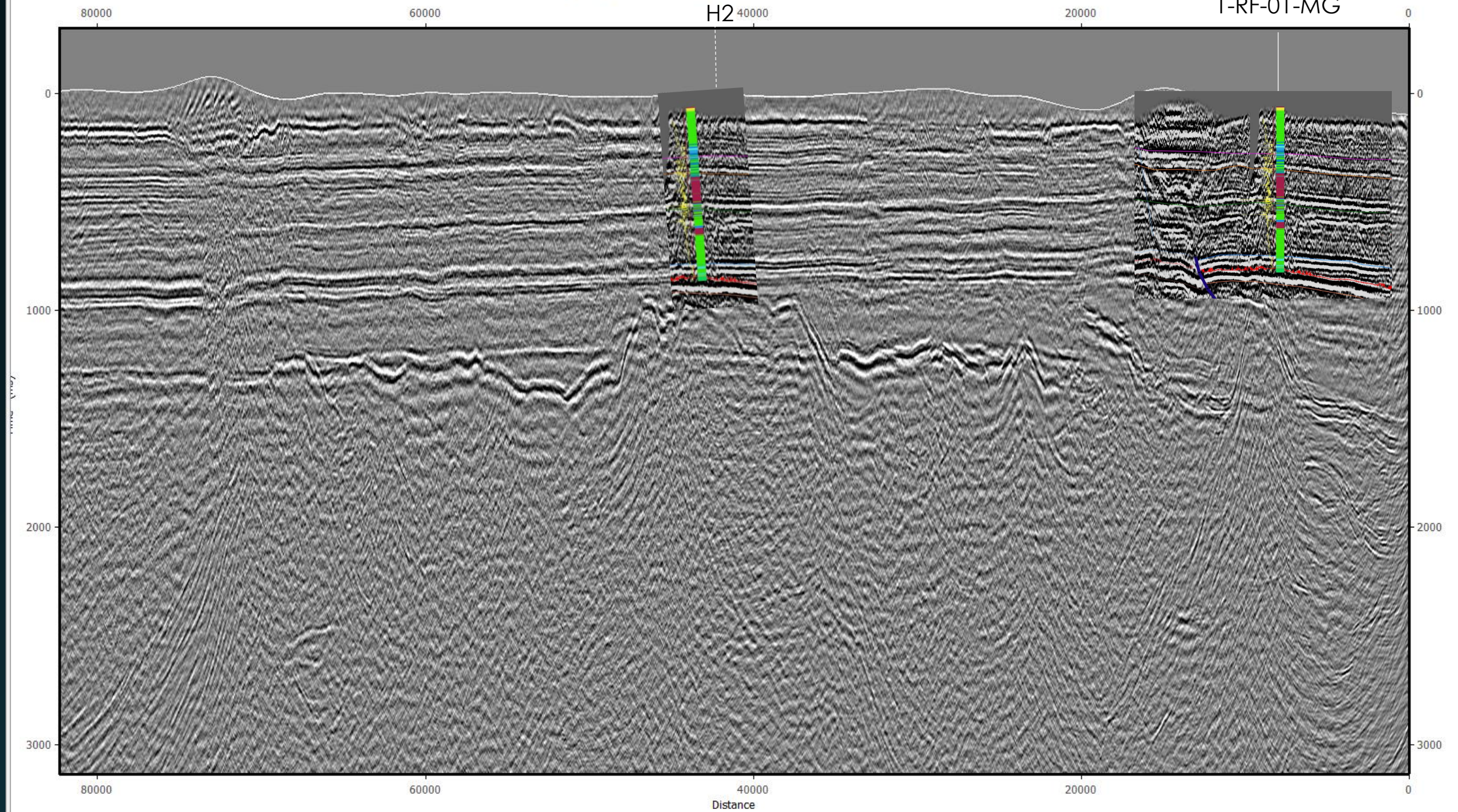
Carbonatos intercalados
com sedimentos finos

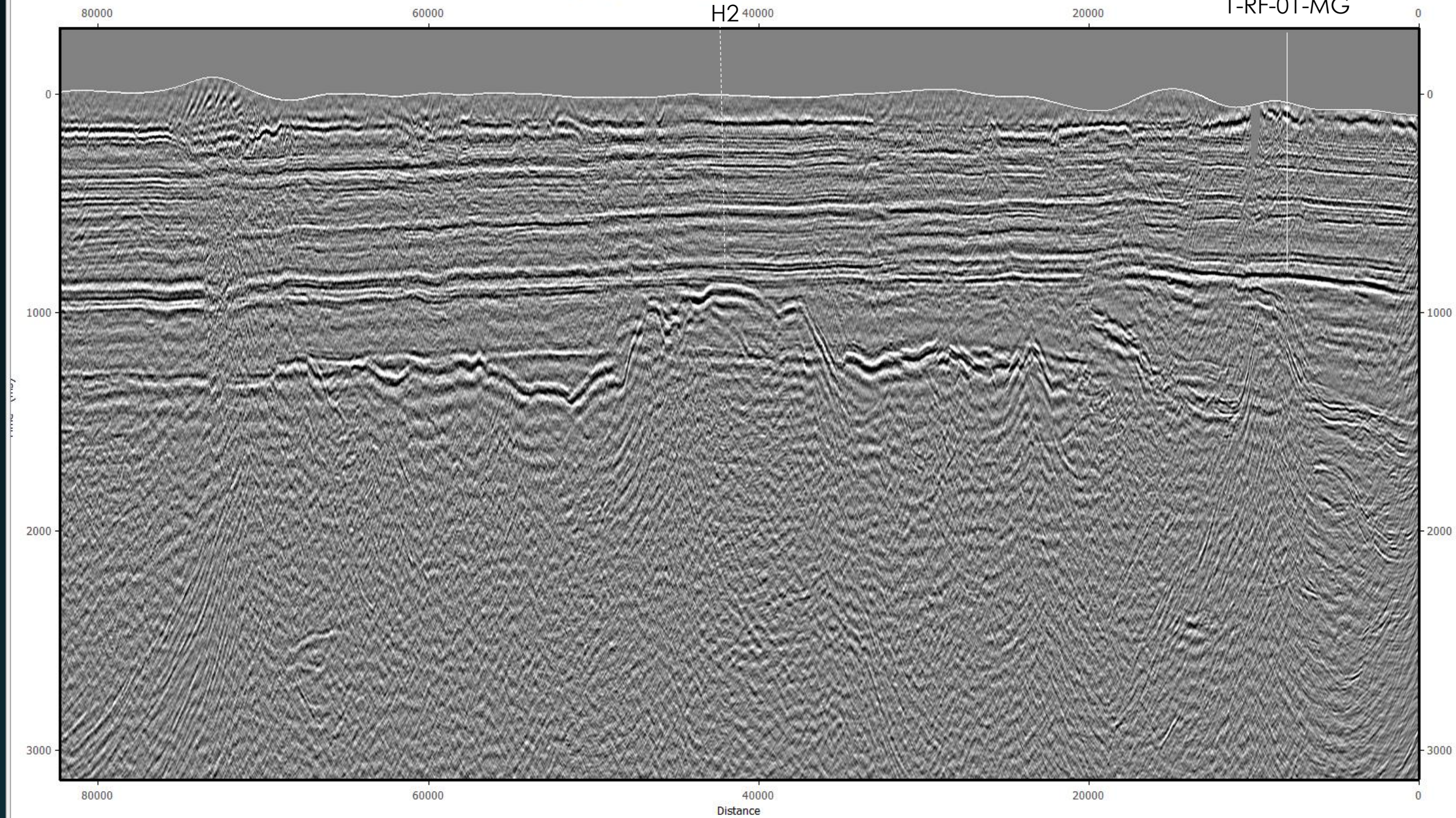
Litologia / Lithology

	conglomerado/conglomerate
	arenito/sandstone
	siltito/siltstone
	argilito/mudstone
	folhelho/shale

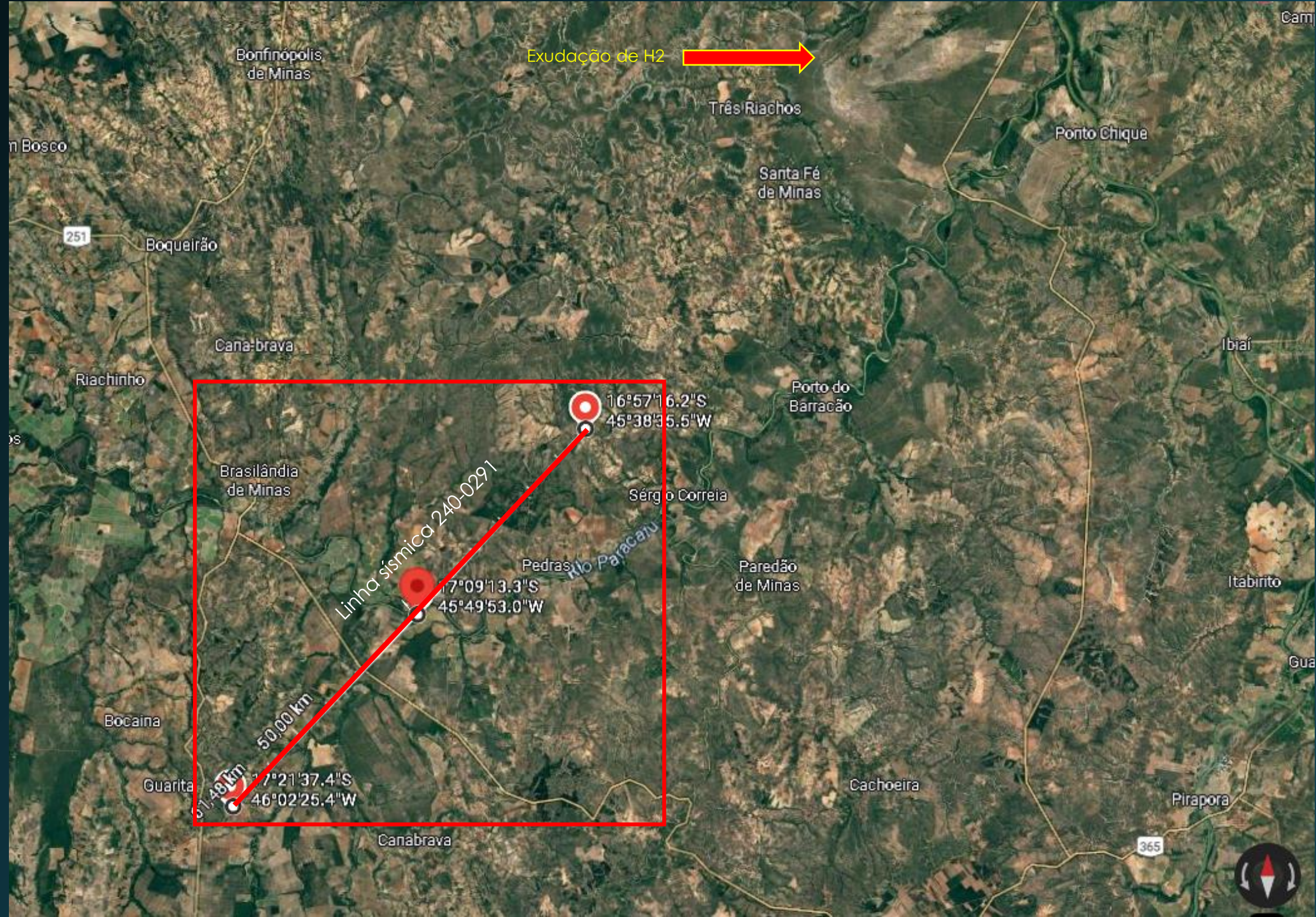
	calcirudito/calcirudite
	calcarenito/calcarenite
	coquina/coquina
	calcissiltito/calcisiltite
	calcilutito/calcilutite
	marga/marl
	calcáreo/limestone

	basalto/basalt
	tufo/tuff
	rochas metamórficas metamorphic rocks
	ígneas/igneous rocks
	brechas/breccia
	tilito/tillite
	diamictito/diamictite

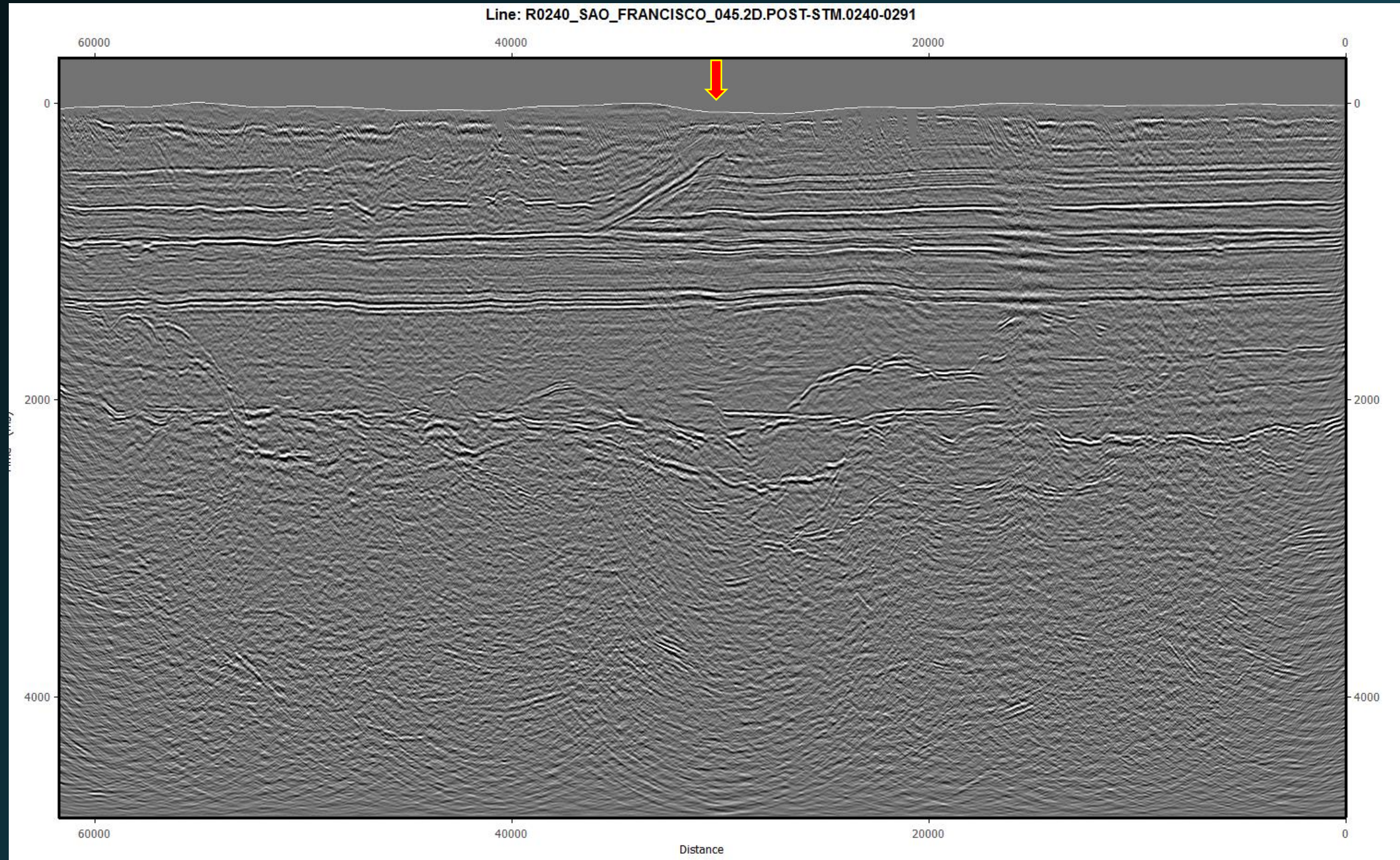




Linha sísmica 240-0291

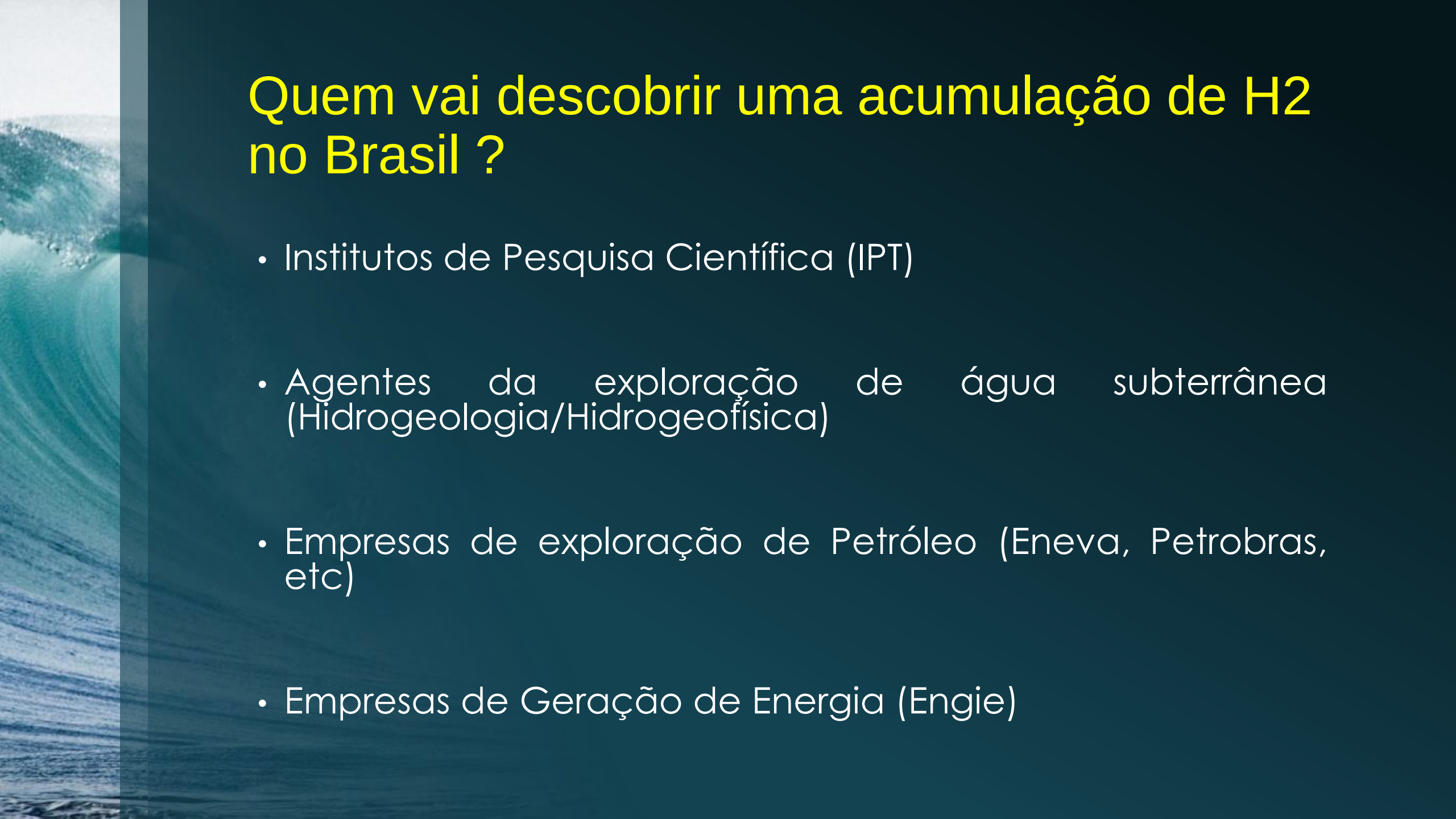


Linha
sísmica
240-0291









Quem vai descobrir uma acumulação de H₂ no Brasil ?

- Institutos de Pesquisa Científica (IPT)
- Agentes da exploração de água subterrânea (Hidrogeologia/Hidrogeofísica)
- Empresas de exploração de Petróleo (Eneva, Petrobras, etc)
- Empresas de Geração de Energia (Engie)

Obrigado !

Scan to Flight



Hugo Ferreira Saar

hugosaar@ipt.br

<https://www.linkedin.com/in/hugo-saar-5a4b98195/>





Find out more about us



[linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)



[instagram.com/ipt_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)



[youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

www.ipt.br



Aqui tem IPT.

