

Pesquisa e Exploração de Potássio no Brasil



Webster Mohriak,
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Faculdade de Geologia
webmohr@gmail.com

Exploração de sal de potássio em bacias sedimentares

Localização das grandes províncias evaporíticas globais

Principais eventos geológicos associados à deposição de sal

Bacia de Sergipe: sequências pre-rift, rift, e drift

Seções geológicas e sísmicas da região de Taquari-Vassouras

Poços exploratórios de petróleo com camadas de sal em Sergipe

Exploração e exploração de camadas de silvinita em mina de sal

Bacia do Amazonas: sequências Paleozóicas e Mesozóicas

Seções geológicas e sísmicas da região da Bacia do Amazonas

Poços exploratórios com camadas de sal na Bacia do Amazonas

Interação entre sal e rochas magmáticas

Conclusões

Agradecimentos

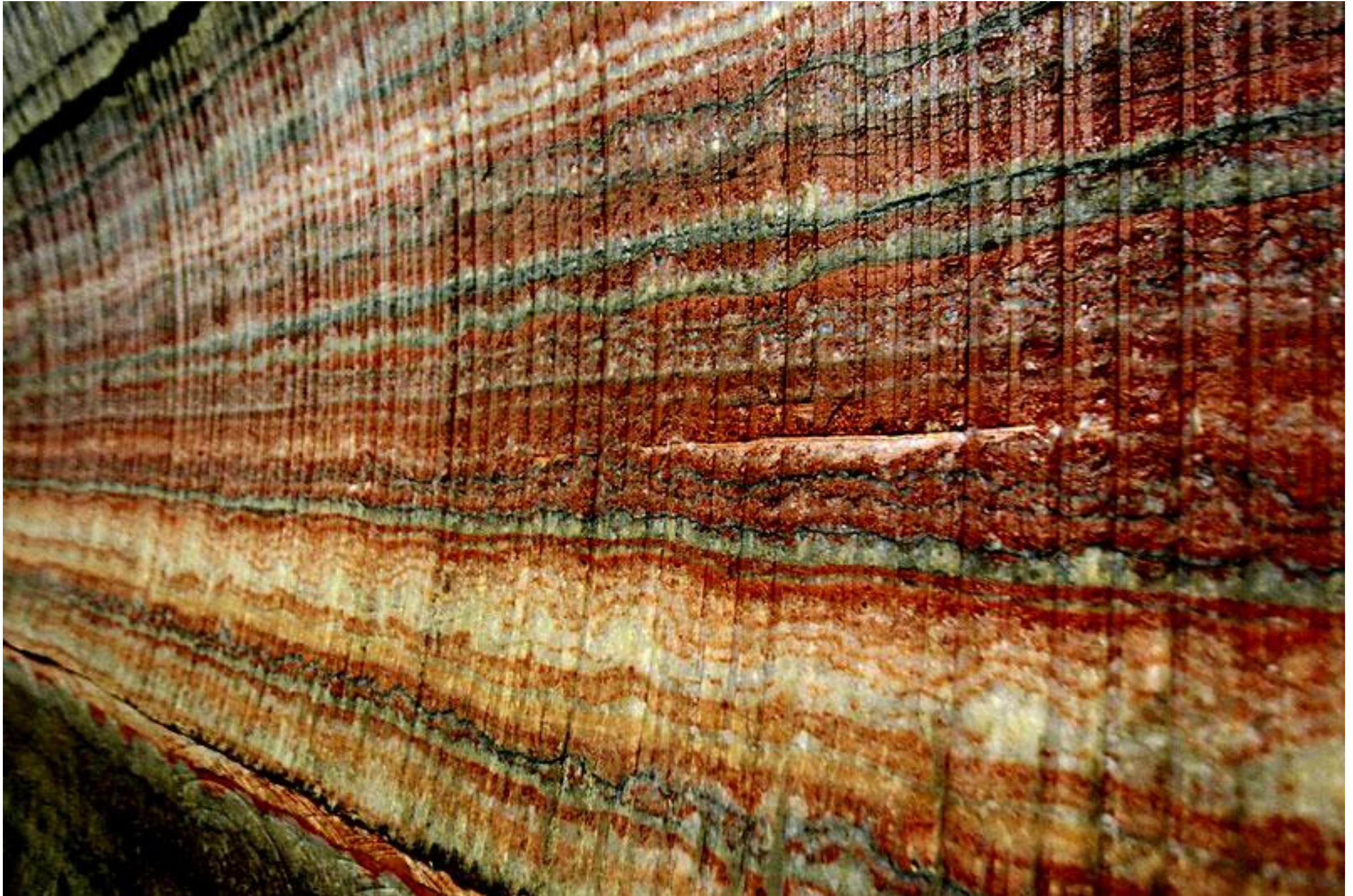
Principais minerais de potássio (fonte de K_2O , potash)

Mineral	Chemical Composition	Salts	Percentage of K_2O
Carnallite	$KMgCl_3 \cdot 6H_2O$	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	17.0
Kainite	$MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$	$4KCl \cdot 4MgSO_4 \cdot 11H_2O$	19.3
Langbeinite	$K_2Mg_2(SO_4)_3$	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	22.7
Polyhalite	$K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot H_2O$	15.6
Sylvite	KCl	KCl	63.1
Sylvinite	KCl/NaCl mixture	KCl + NaCl	~28.0
Niter	KNO_3	KNO_3	46.5

Modified from Roberts, 2004.

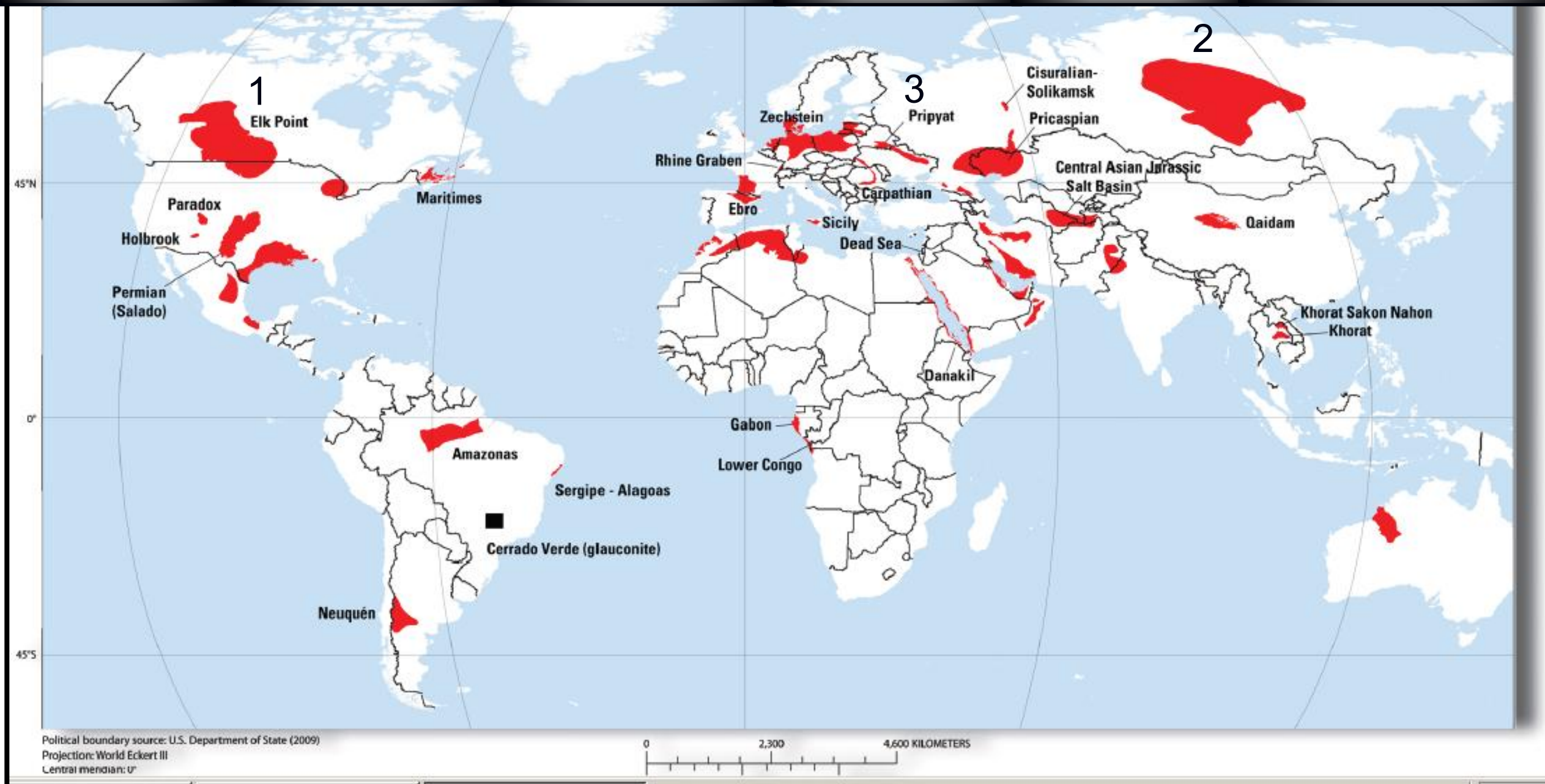
Os depósitos evaporíticos constituem as mais importantes fontes de sais de potássio, devido à alta solubilidade em água dos sais derivados, e assim, são facilmente explorados e processados. O mineral mais importante comercialmente é a silvinita, uma mistura de halita (NaCl) com silvita (KCl), embora carnalita, a cainita e a langbeinita também sejam fontes importantes do bem mineral. Polihalita é minerada no Mar do Norte.

Mina de sal de potássio na sub-bacia Mulhouse da França (Graben do Reno, Eoceno/Oligoceno), com evaporitos estratificados.



Silvinita é a rocha com halita e silvita. A silvita (KCl) é o mais importante mineral de potássio.





Pobres em sulfato

Ricos em sulfatos

1. Bacia de Elkpoint e Williston – Canadá
2. Bacia de Upper Kama – Rússia
3. Bacia Pripyat - Belarus

Bacia do Mar Vermelho
 Rift de Afar – Danakil Etiópia

Bacia Amazônica- Brasil

Bacia do Zechstein – Alemanha e Mar do Norte
 Bacia de Delaware - USA

Bacias da Costa Atlântica Brasileira
 Bacias da Costa Atlântica Africana
 Bacia de Neuquén- Argentina
 Bacia Sakon Nakhon – Laos

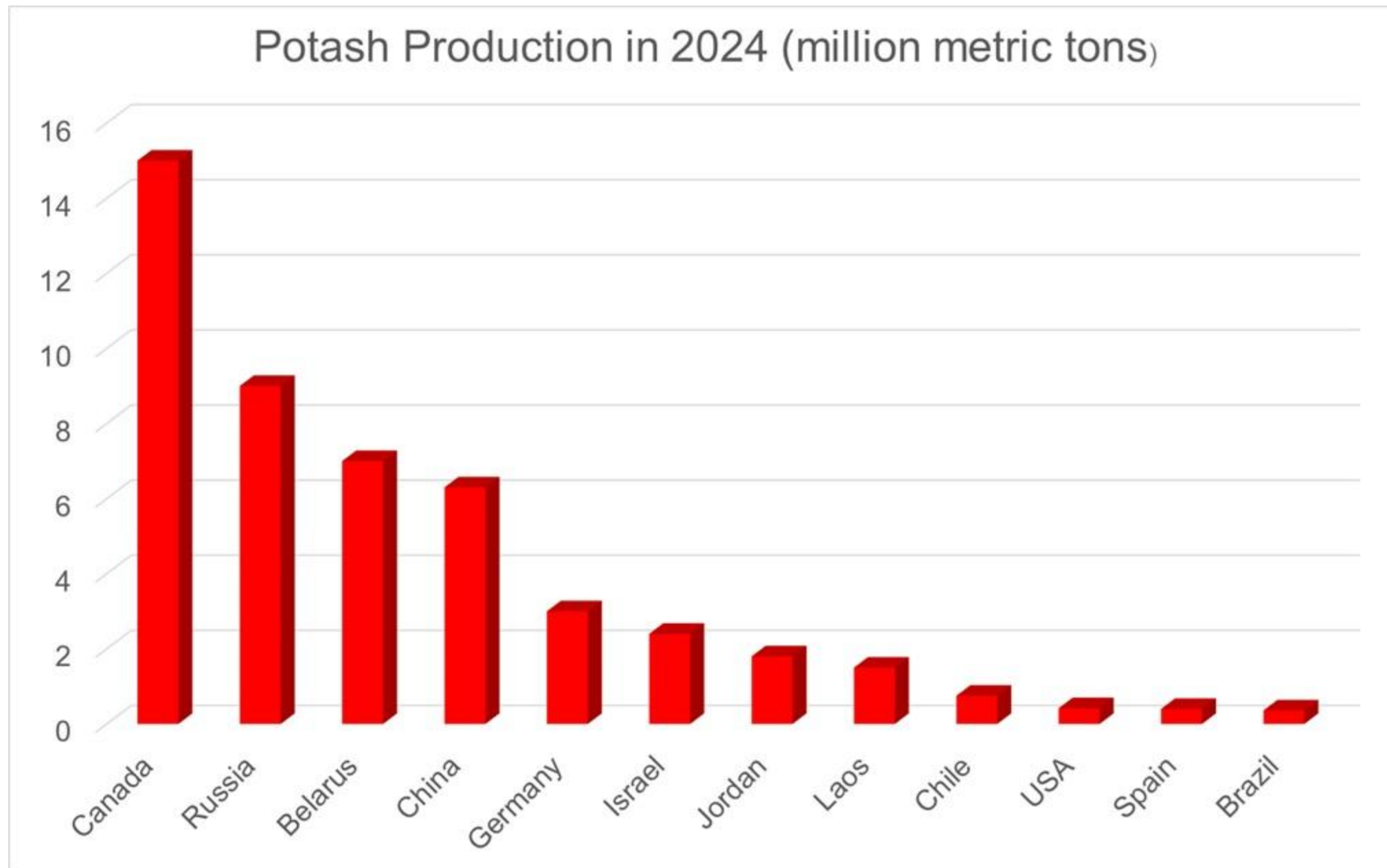
Global potassium salt production and reserves in 2024 (10^6 metric tons).

Typically measured as potash (potassium oxide, K_2O equivalent). $K_2O = KCl * 0.6317$

World Mine production in 2024: 48 million metric tons (K_2O eq.).

Canada was responsible for 31% of the world's production.

4 countries (Canada, Russia, Belarus, China) are responsible for 78% of the total world's production in 2024.



<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-potash.pdf>

Mine Production in 2024:

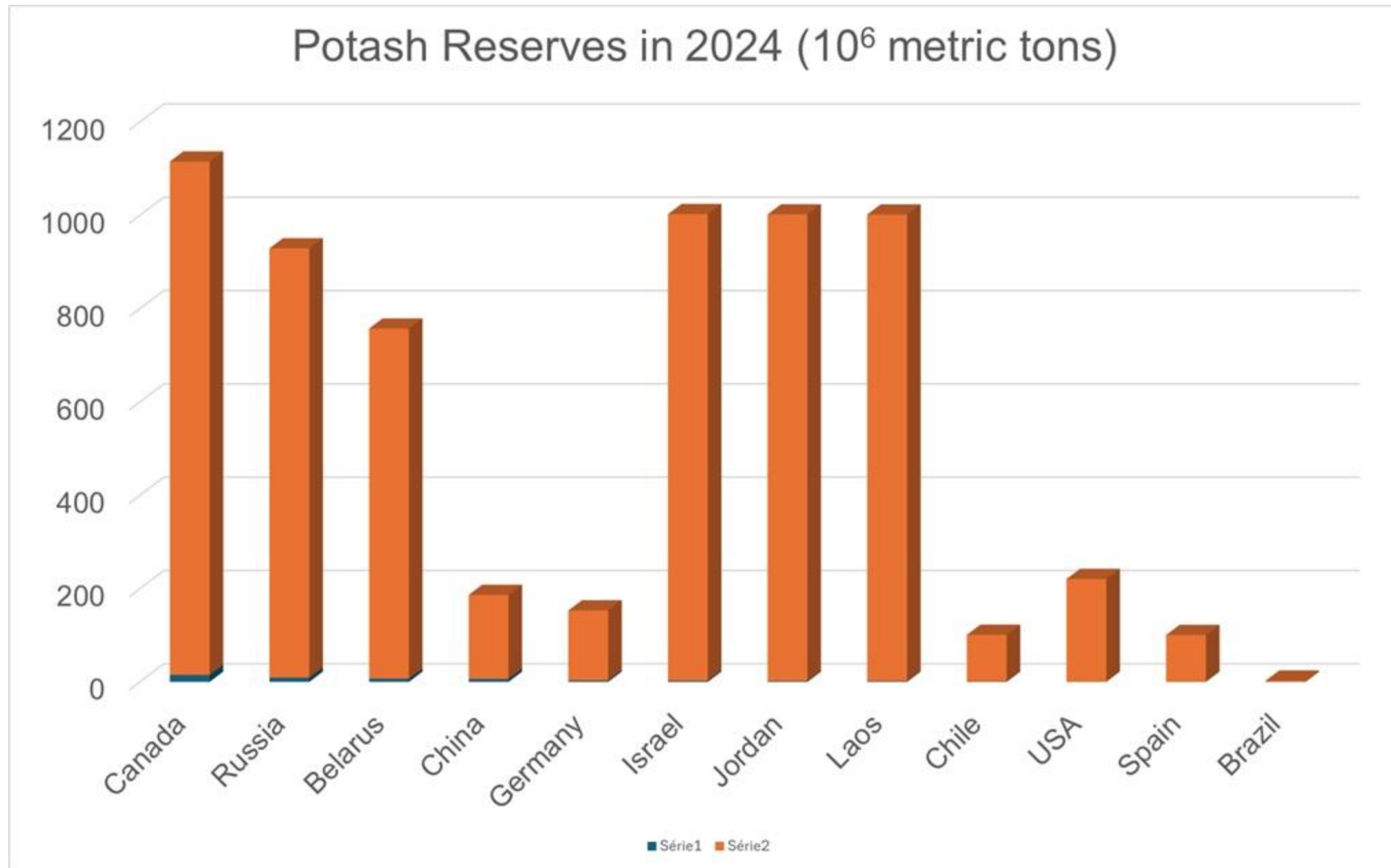
Brazil: 360,000 metric tons (K_2O eq.)

Canada: 15,000,000 metric tons (K_2O eq.)

Brazil imports > 95% of the internal consumption.

Almost a third of its imports coming from nations under conflict (Russia, Ukraine, Belarus, etc.).

Global potassium salt production and reserves in 2024, typically measured as potash (potassium oxide, K_2O equivalent). According to Roberts (2004), the world has a reserve of about 250 billion metric tons of K_2O resources.



<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-potash.pdf>

World Potash Reserves (K_2O eq.) in 2024: 4,800 million metric tons

Canada Potash Reserves (K_2O eq.) in 2024: 1,100 million metric tons (23% of the world)

Métodos de produção de sal de potássio no mundo e no Brasil

Produção de sal de potássio no mundo:

Lavra subterrânea convencional 70%

Lavra por dissolução e Processamento de Salmouras 30%

Métodos de Produção de sal de potássio no Brasil:

Mineração Subterrânea: Na mina de Taquari-Vassouras, a silvinita ocorre entre 400 e 800 m de profundidade. No Projeto Autazes, a silvinita será extraída em torno de 650-850 metros de profundidade, moída e tratada com água quente para dissolver o cloreto de potássio, que é cristalizado para uso como fertilizante. Na região de Nova Olinda, a silvinita ocorre em profundidades ainda maiores, entre 1000 e 1200 m.

Evaporação Solar: Historicamente, sais de potássio já foram obtidos por evaporação solar, como no Mar Morto desde 1931. No Brasil, esse método é menos comum, mas pode ser aplicado em salmouras ricas em potássio, com posterior cristalização de KCl.

Desafios tecnológicos no desenvolvimento do depósito

Após o detalhamento do modelo geológico estrutural

(sísmica 2D, sísmica 3D, métodos potenciais, poços exploratórios)

Interpretação de perfis geofísicos (Gama, Neutrão, Densidade, Sônico)

1. Natural Gamma Ray Log
2. Neutron Log (Apparent Porosity)
3. Caliper Log
4. Sonic Log
5. Density Log
6. Resistivity Log
7. Temperature Log
8. Directional Log
9. VSP Survey

Gama
Neutrão
Caliper
Sônico
Densidade
Resistividade
Temperatura
Direcional
Perfil Sísmico Vertical

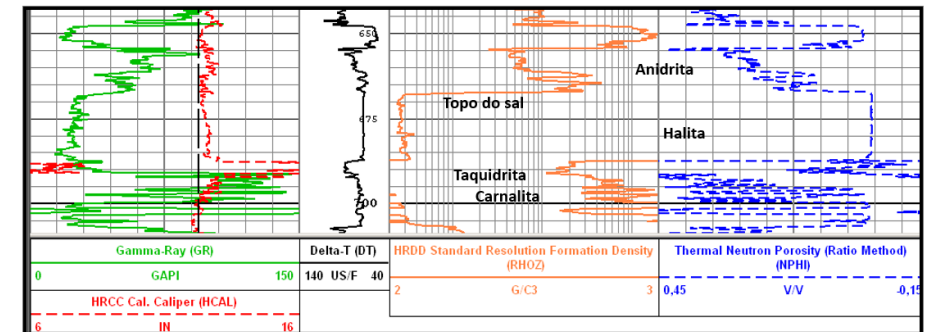
VSP – Perfil Sísmico Vertical em alguns poços

Caracterização do intervalo Mineralizado com base em perfis

- A. Profundidade
- B. Espessura
- C. Inclinação da Camada (Mapa de Contorno Estrutural)
- D. Teor de K_2O
- E. Cobertura de Sal

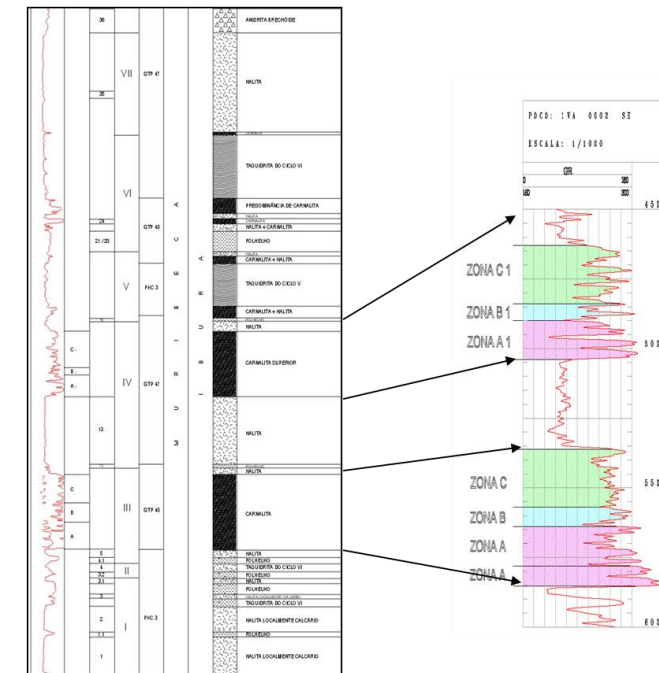
Interpretação de perfis geofísicos (Gama, Neutrão, Densidade, Sônico)

Poço na jazida Taquari Vassouras - SE



Escala
1:1000

Caracterização do intervalo Mineralizado com base em perfis



Minério de potássio e outros minerais em Sergipe

Silvinita

$KClNaCl$



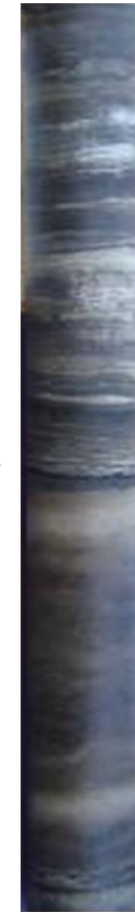
Carnalita

$KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$



Halita

$NaCl$



Taquidrita

$CaMg_2Cl_6 \cdot 12H_2O$



1m

TOPO DO SAL
➔

1. Cloreto de potássio e de Sódio
2. Densidade $2,11 \text{ g/cm}^3$
3. **Principal minério de potássio**

1. Cloreto de potássio e Magnésio
2. Densidade $1,6 \text{ g/cm}^3$
3. Índice de refração $1,467$
4. Higroscópica

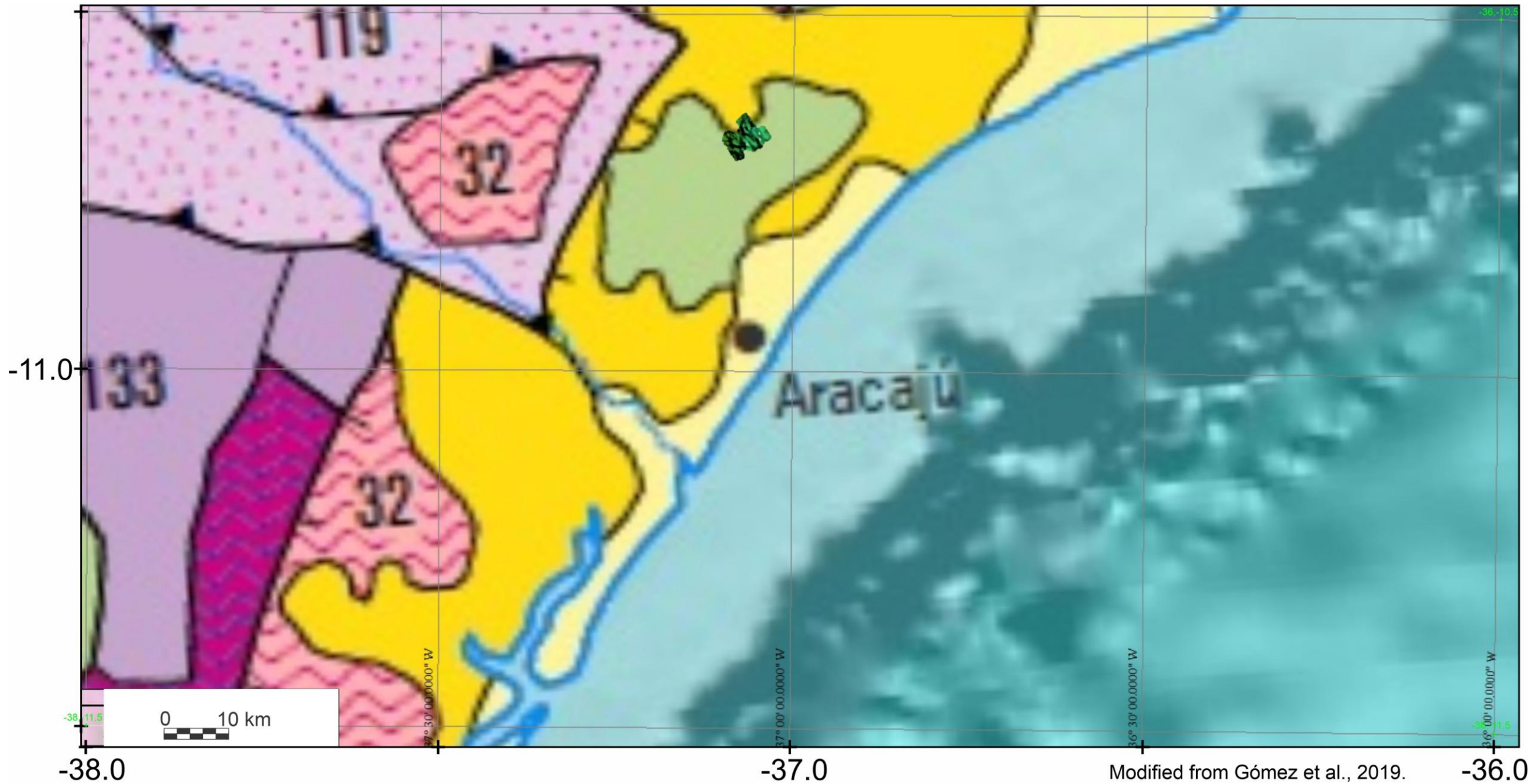
1. Cloreto de Sódio
2. Densidade $2,14 \text{ g/cm}^3$
3. Isotrópica
4. Índice de Refração $1,544$

1. Cloreto de Cálcio e Magnésio
2. Densidade $1,67 \text{ g/cm}^3$
3. Higroscópica
4. Baixa Resistência a Compressão

Evaporitos da Bacia do Sergipe-Alagoas.

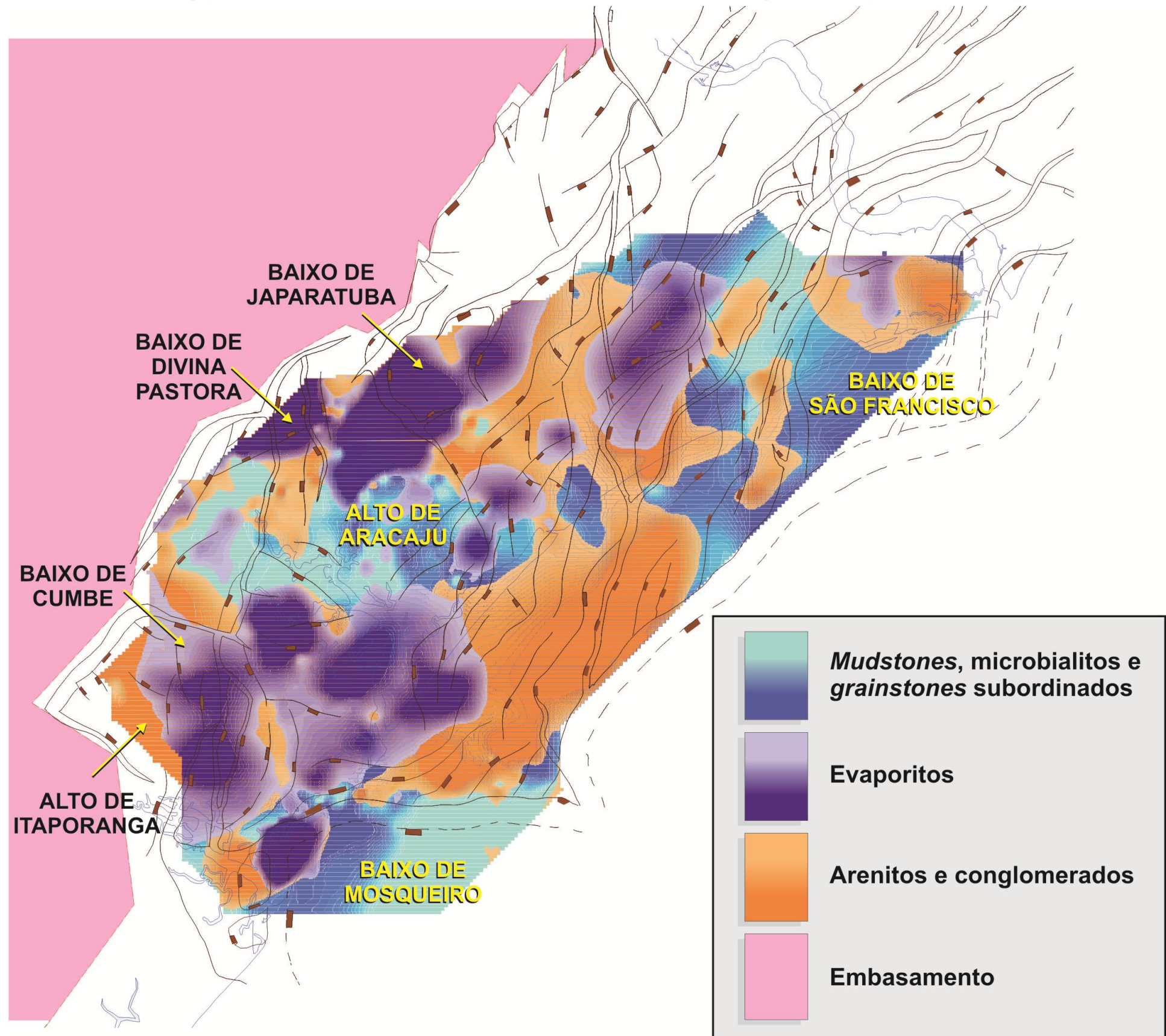
Detalhe do mapa geológico do Brasil destacando a sub-bacia de Taquari-Vassouras (3D).

Ocorrência de afloramento de rocha cretácica indica um alto regional.



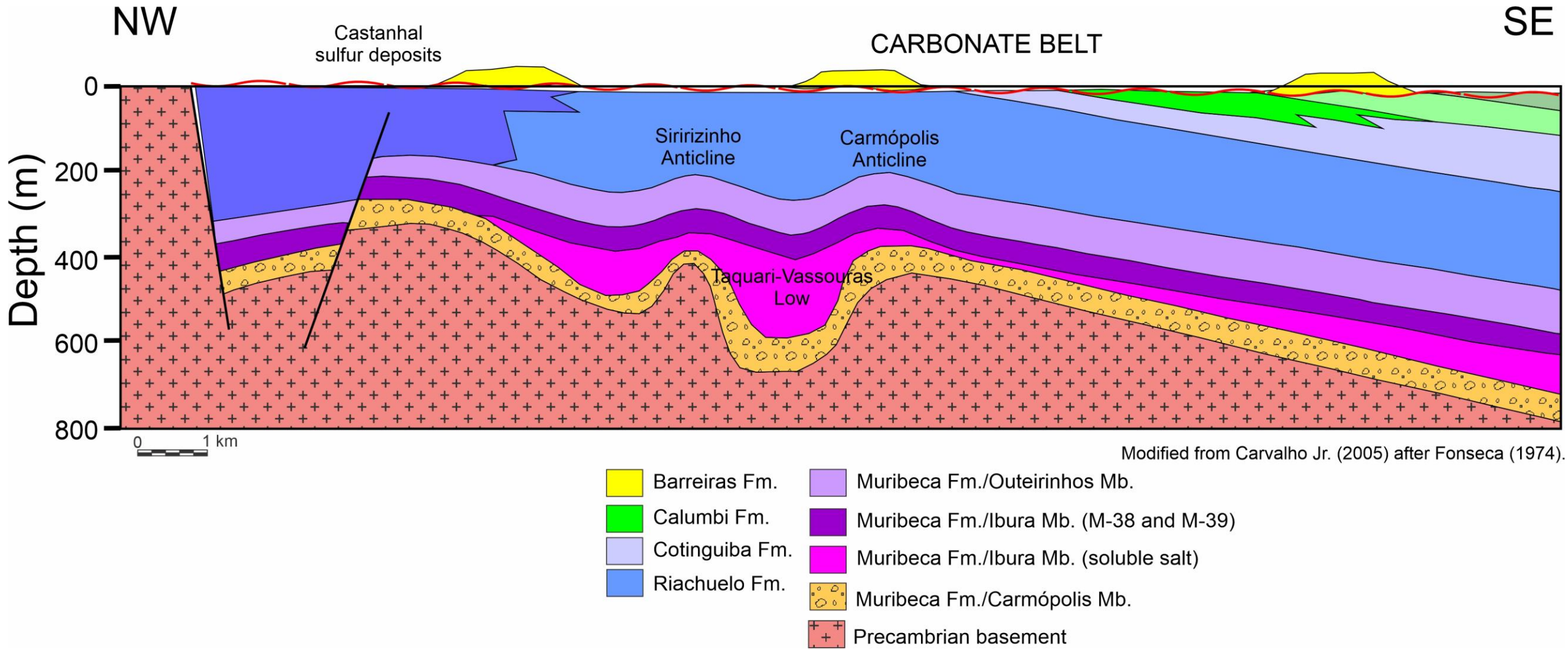
Quaternary Tertiary Upper Cretaceous

Evaporitos da sub-bacia de Sergipe: Baixo de Japarutuba e a sul do Alto de Aracaju. Há depósitos de evaporitos no Alto de Aracaju.

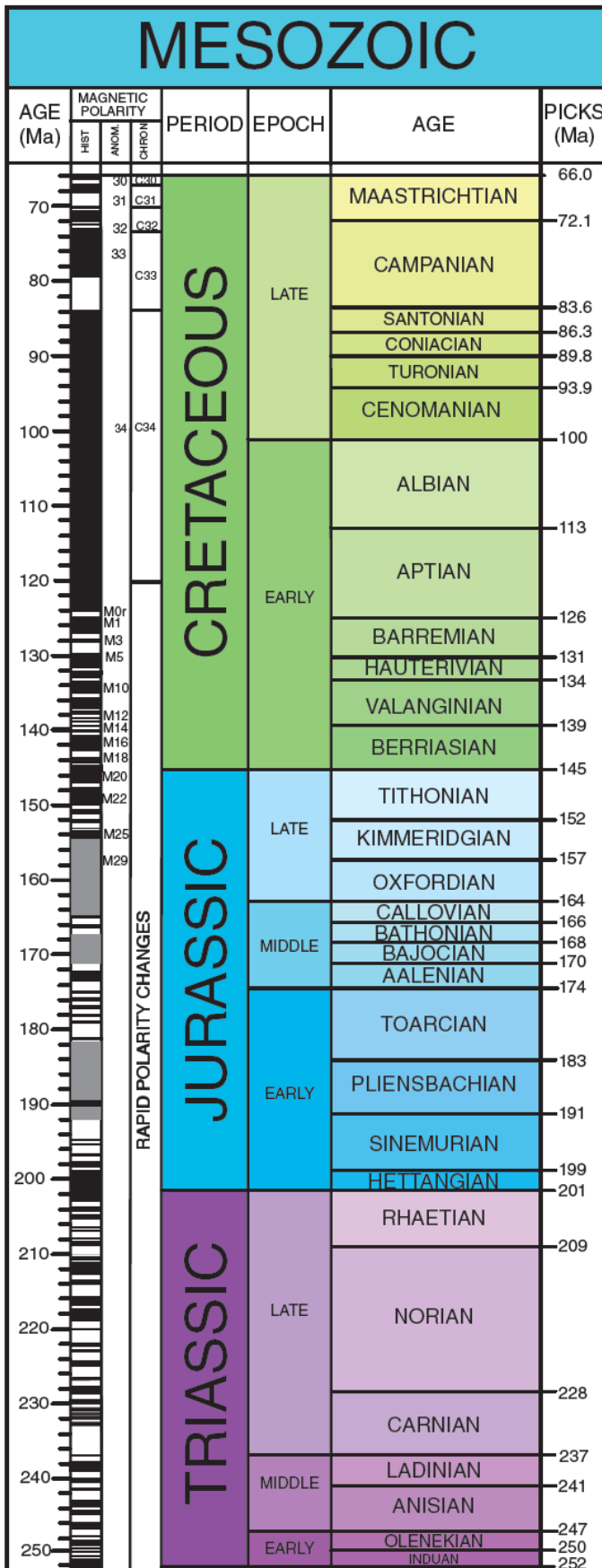


Seção geológica com base em poços na sub-bacia de Sergipe:

Grande baixo estrutural junto à falha de borda. Espessos evaporitos na sub-bacia de Taquari-Vassouras, e presença de anticlinais.



Idade dos Evaporitos Bacia do Sergipe-Alagoas



Fm. Muribeca (Mb. Ibura):

As unidades evaporíticas de maior ocorrência, foram anidrita, halita, carnalita, silvinita e taquidrita.

Idade dos evaporitos:

- ★ Mb. Ibura – Aptiano inferior a superior (126 a 115 Ma)
- ★ Fm. Muribeca – Barremiano ao Aptiano (130 a 115 Ma)

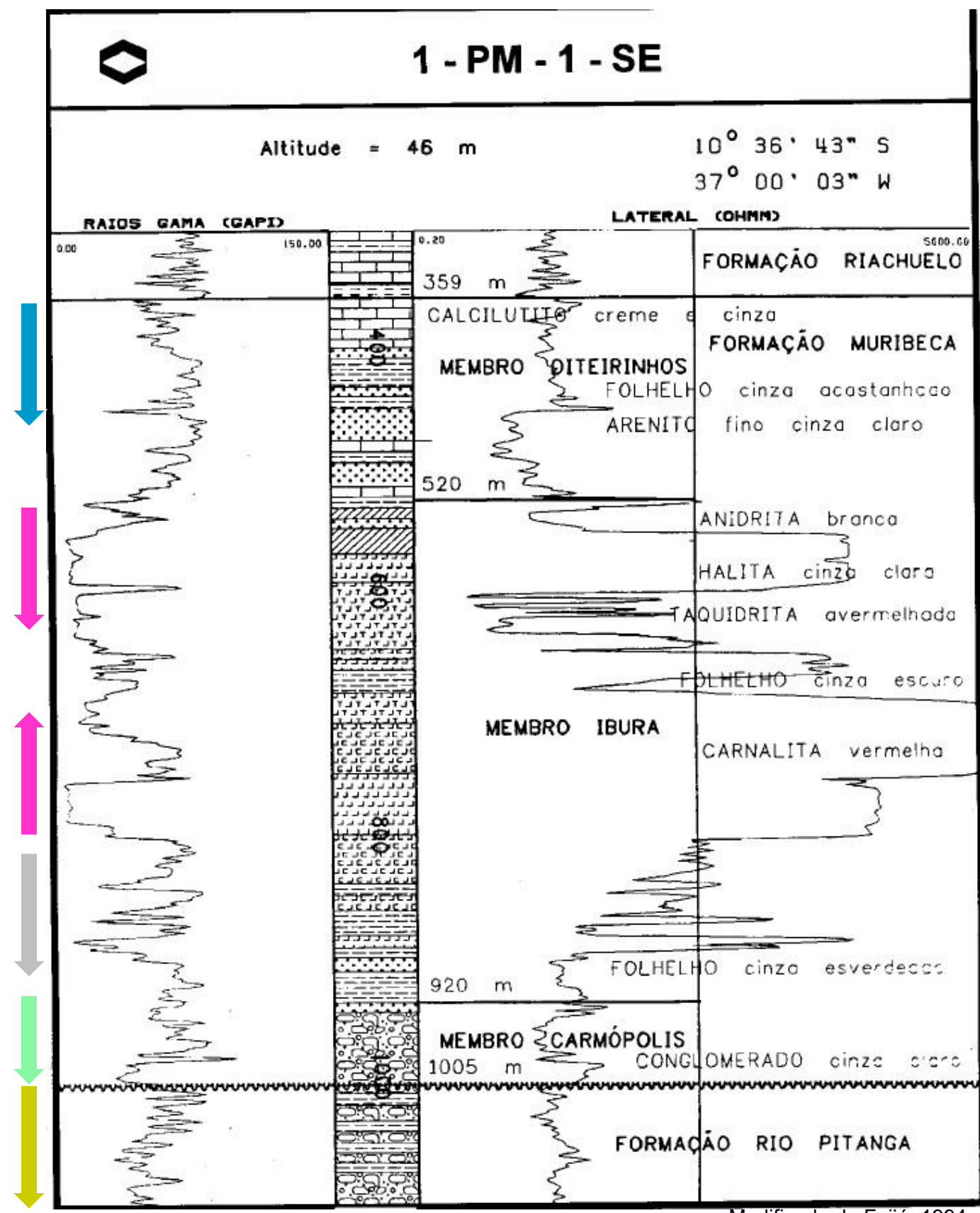
Mineralização com silvinita: Profundidade variadas entre 324 m a 782 m na mina de Taquari-Vassouras

Presença de sal em camadas e almofadas em terra.
Presença de diápiros de sal no mar (Baixo de Mosqueiro)

Evaporitos da Bacia do Sergipe-Alagoas: Fm. Muribeca/Mb. Ibura

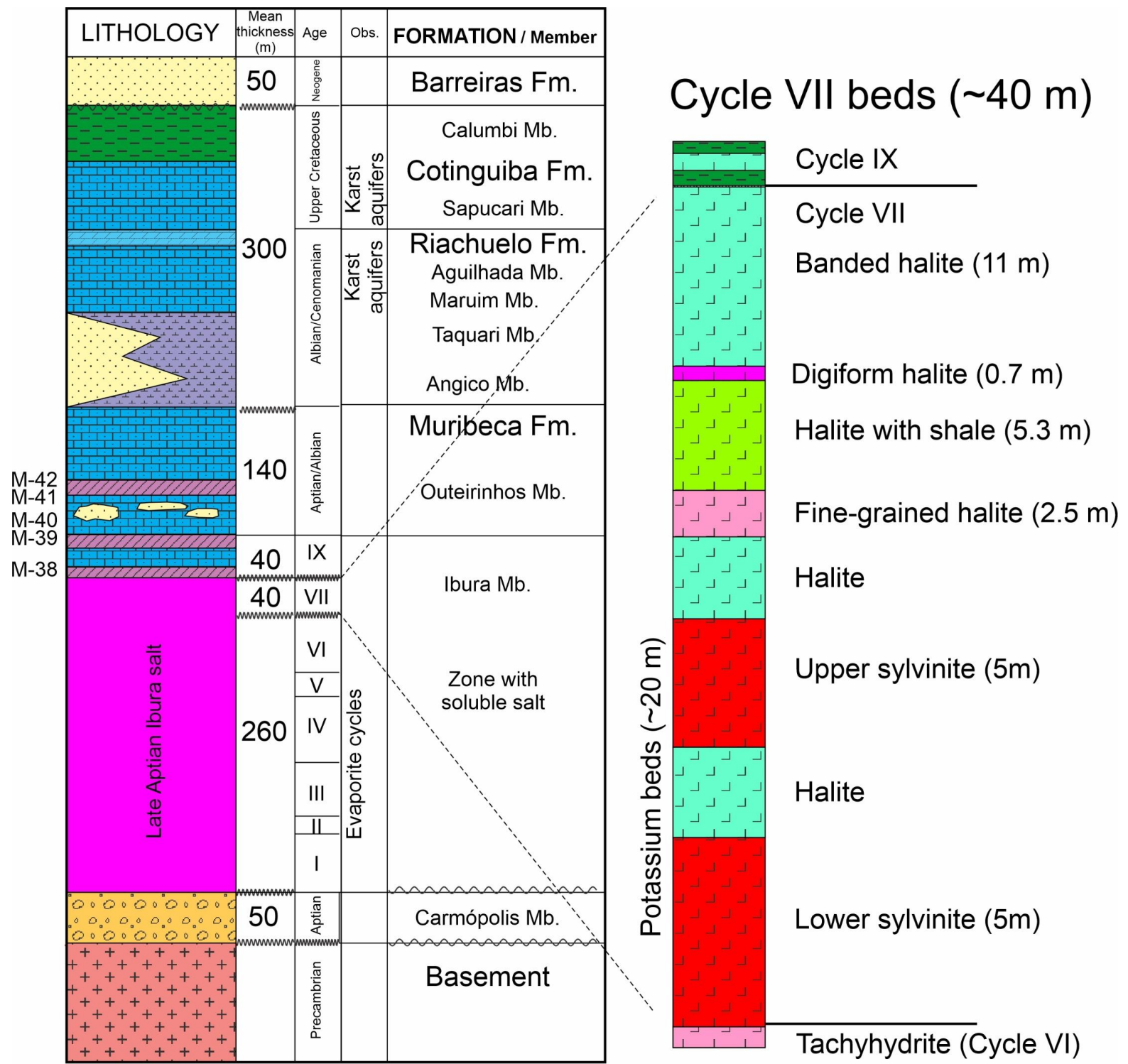
Fm. Muribeca: fase transicional; Fm. Rio Pitanga: fase rift

SEQUÊNCIA DE MARGEM PASSIVA	Formação Riachuelo
ANG	Membro Angico
MAR	Membro Maruim
TQR	Membro Taquari
SEQUÊNCIA TRANSICIONAL	Formação Muribeca
OIT	Membro Oiteirinhos
IBU	Membro Ibura
CPS	Membro Carmópolis
SEQUÊNCIA RIFTE	Formação Rio Pitanga
BIT/PDO	Formação Barra de Itiúba/Penedo
SEQUÊNCIA PRÉ-RIFTE	Formação Serraria
BAN	Formação Bananeiras
CAN	Formação Candeeiro
	Embasamento
	Zona Evaporítica Ibura interpretada

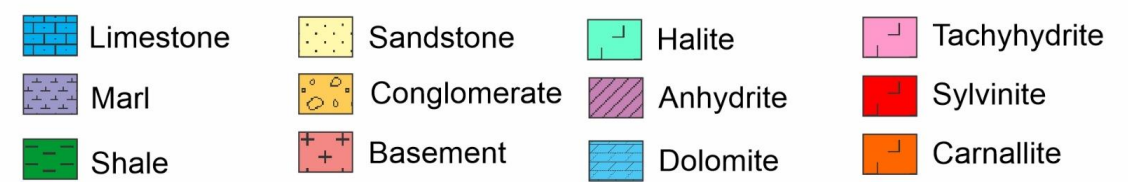


Estratigrafia da Bacia de Sergipe na região de Taquari-Vassouras.

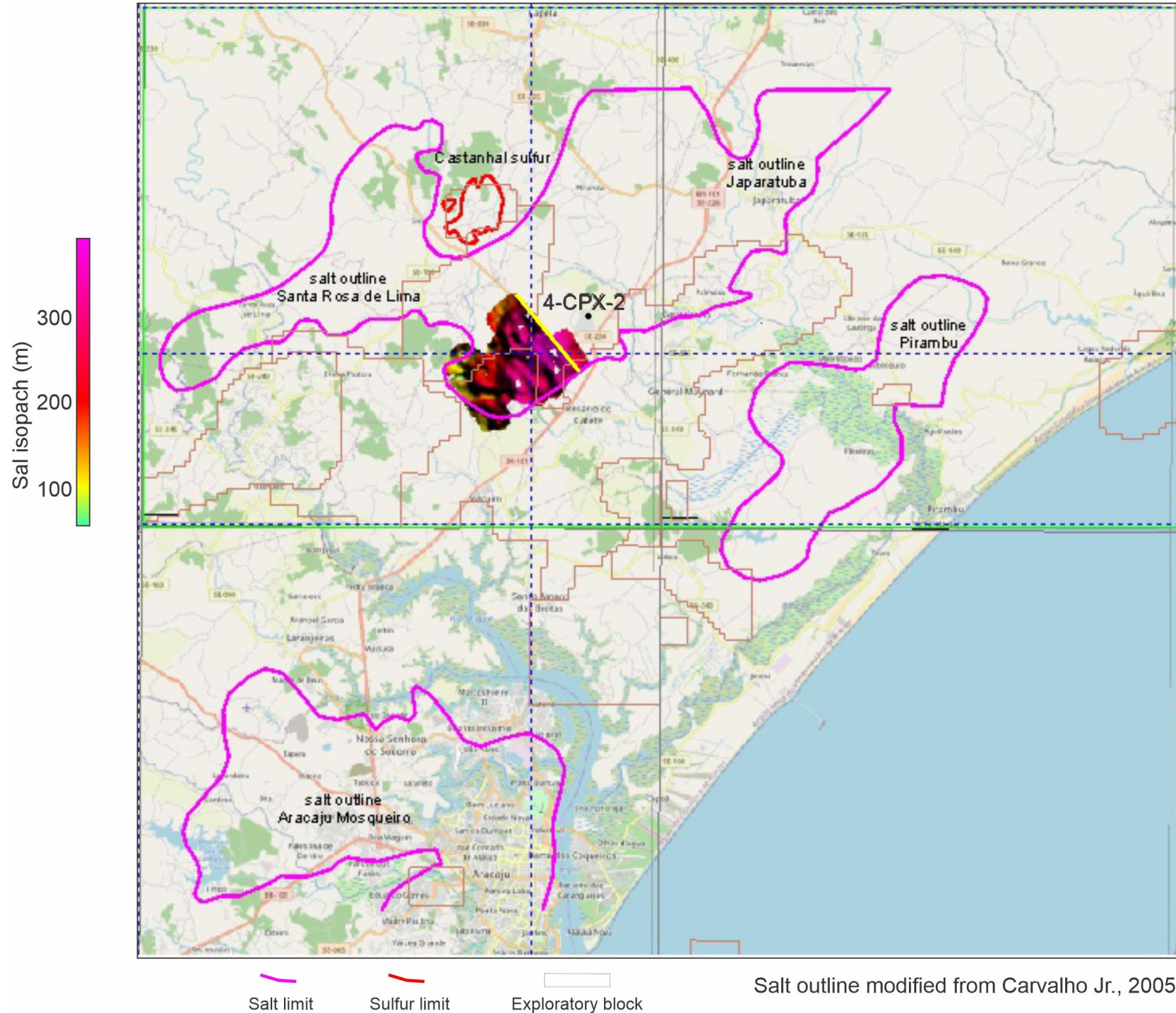
Fm. Muribeca/Mb. Ibura: Ciclos I a IX. Ciclo VII com Silvinita Superior e Silvinita Inferior (espessura média: 5 m).



Modified from Carvalho Jr. (2005)

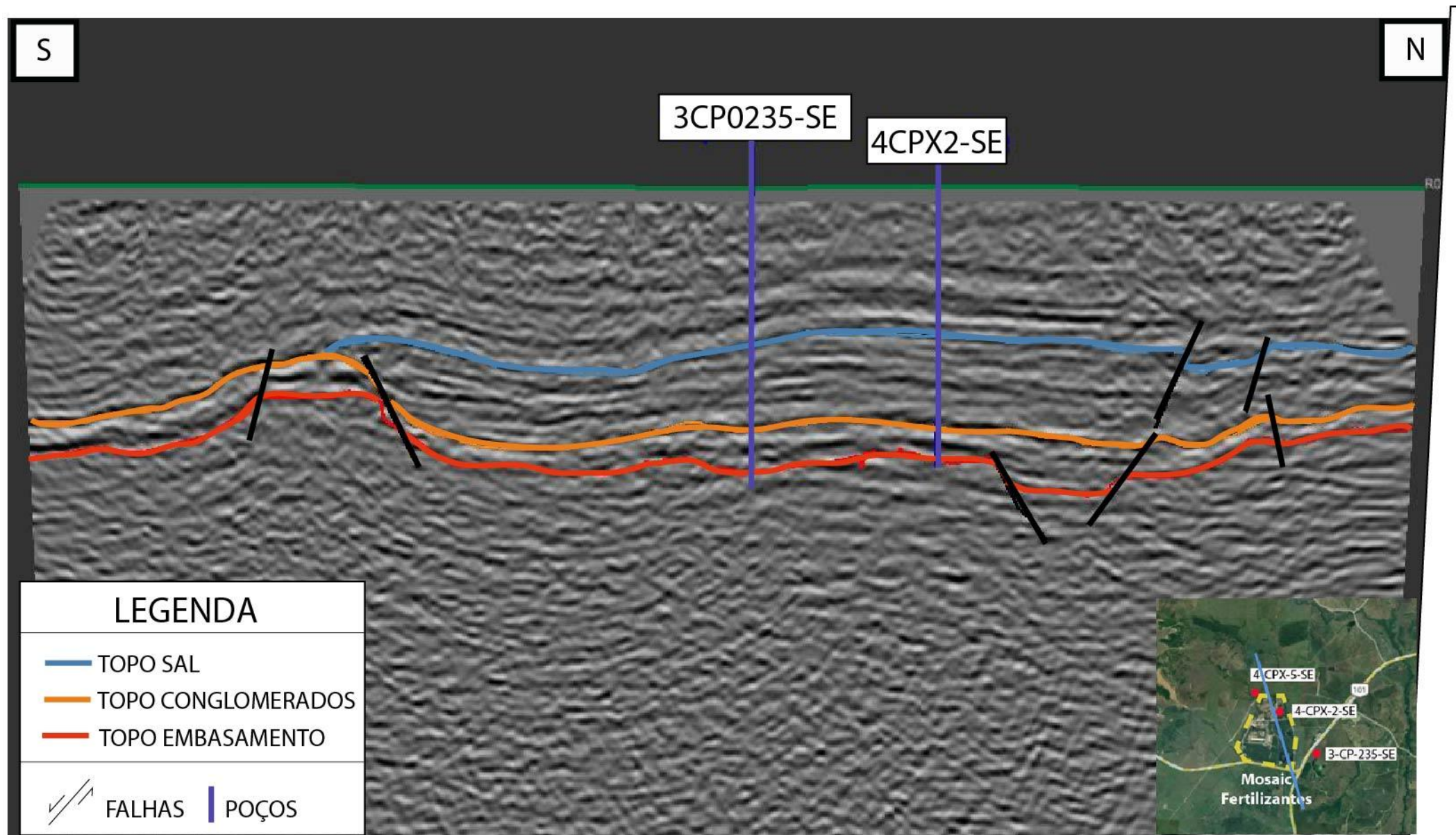


Mapa simplificado com o contorno do sal Ibura na região de Carmópolis. O contorno do levantamento sísmico 3D mostra espessura de sal maior que 300 m. O poço 4-CPX-2 testemunhou os evaporitos. A linha sísmica 2D próxima do poço mostra espessamento do sal controlado por falha do embasamento.



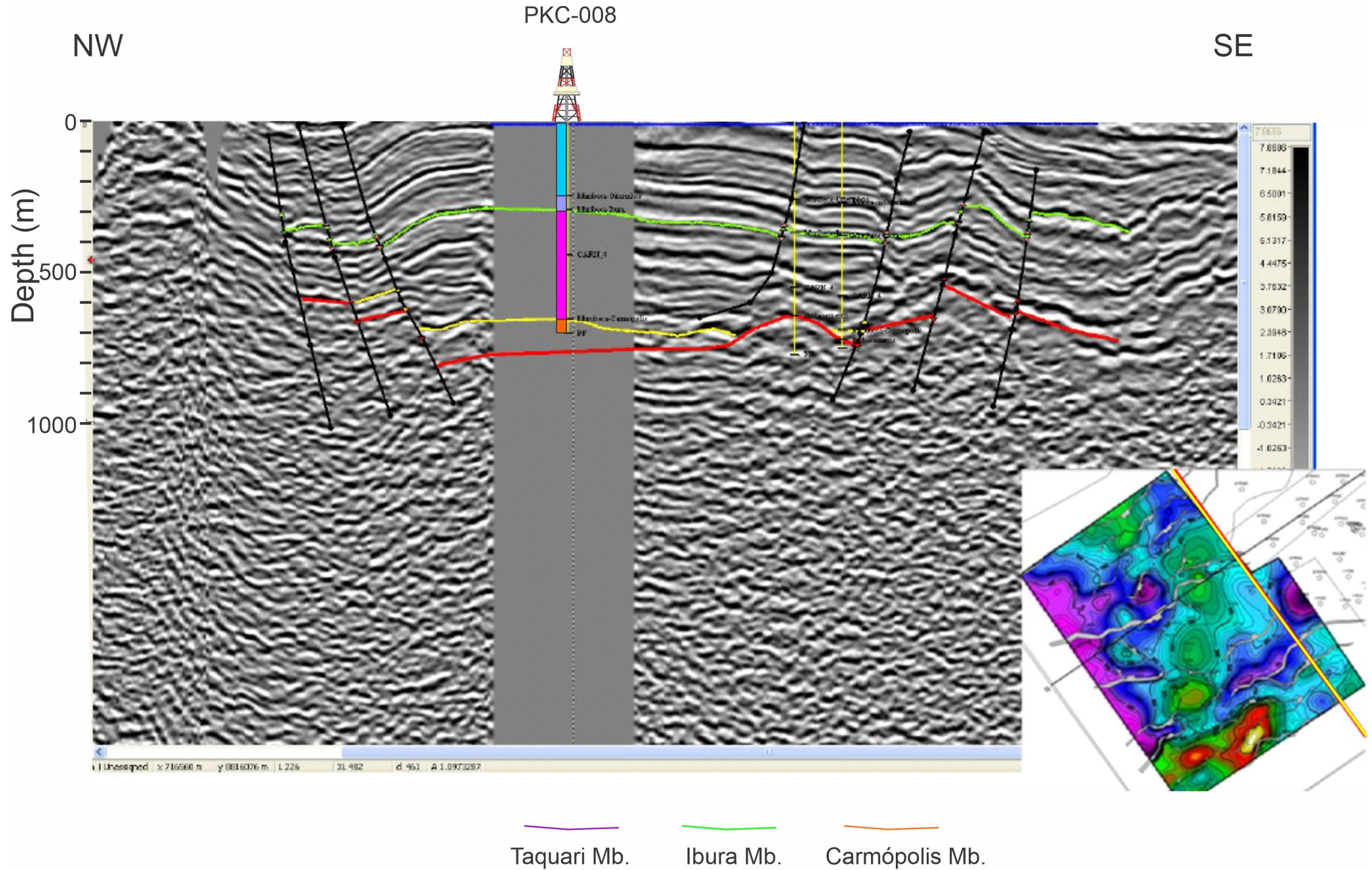
Salt outline modified from Carvalho Jr., 2005.

Seção sísmica 2D na direção S-N mostrando as camadas de sal num baixo estrutural controlado por falhas do embasamento. Os poços 3-CP-235-SE e 4-CPX-2-SE comprovam a ocorrência de espessa camada de sal.



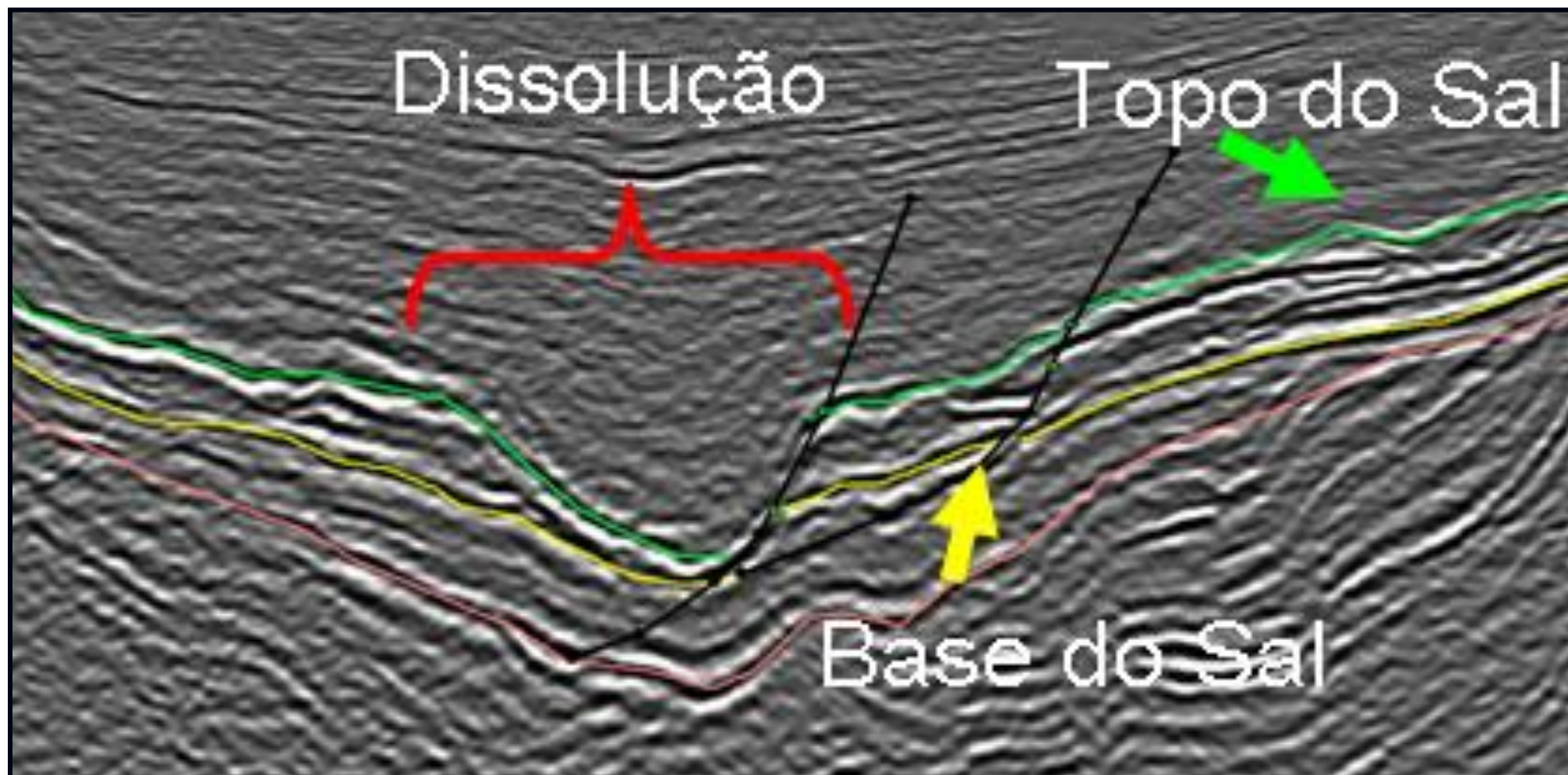
Cora Mattos, 2025.

Seção sísmica 3D na direção NW-SE mostrando as camadas de sal num baixo estrutural controlado por falhas do embasamento. O poço 4-CPX-2-SE comprovou a ocorrência de espessa camada de evaporitos com intercalações de halita, carnalita, e silvinita.



Sísmica 3D na região da sub-Bacia de Taquari-Vassouras

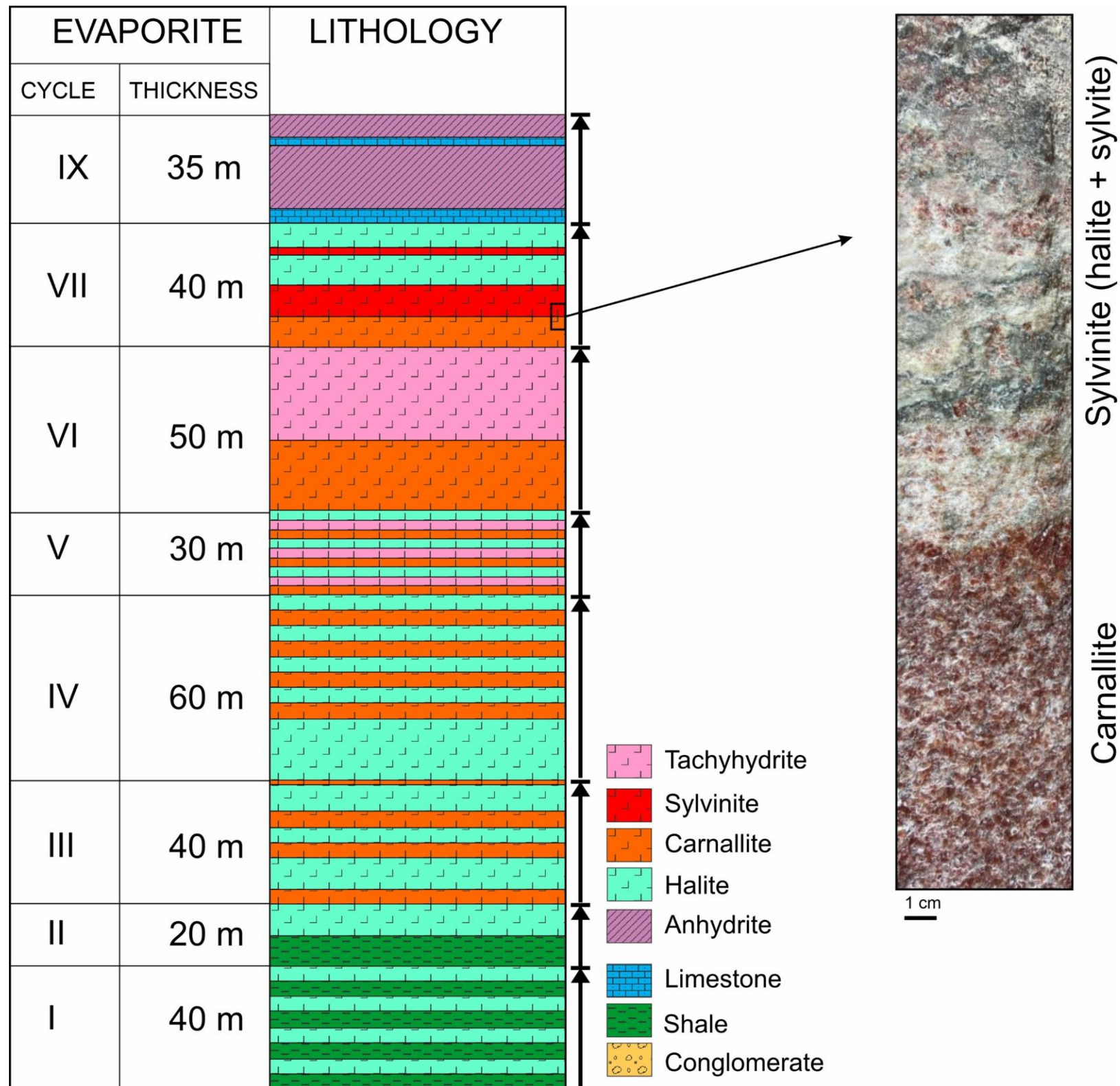
Evidência de dissolução da camada de sal.

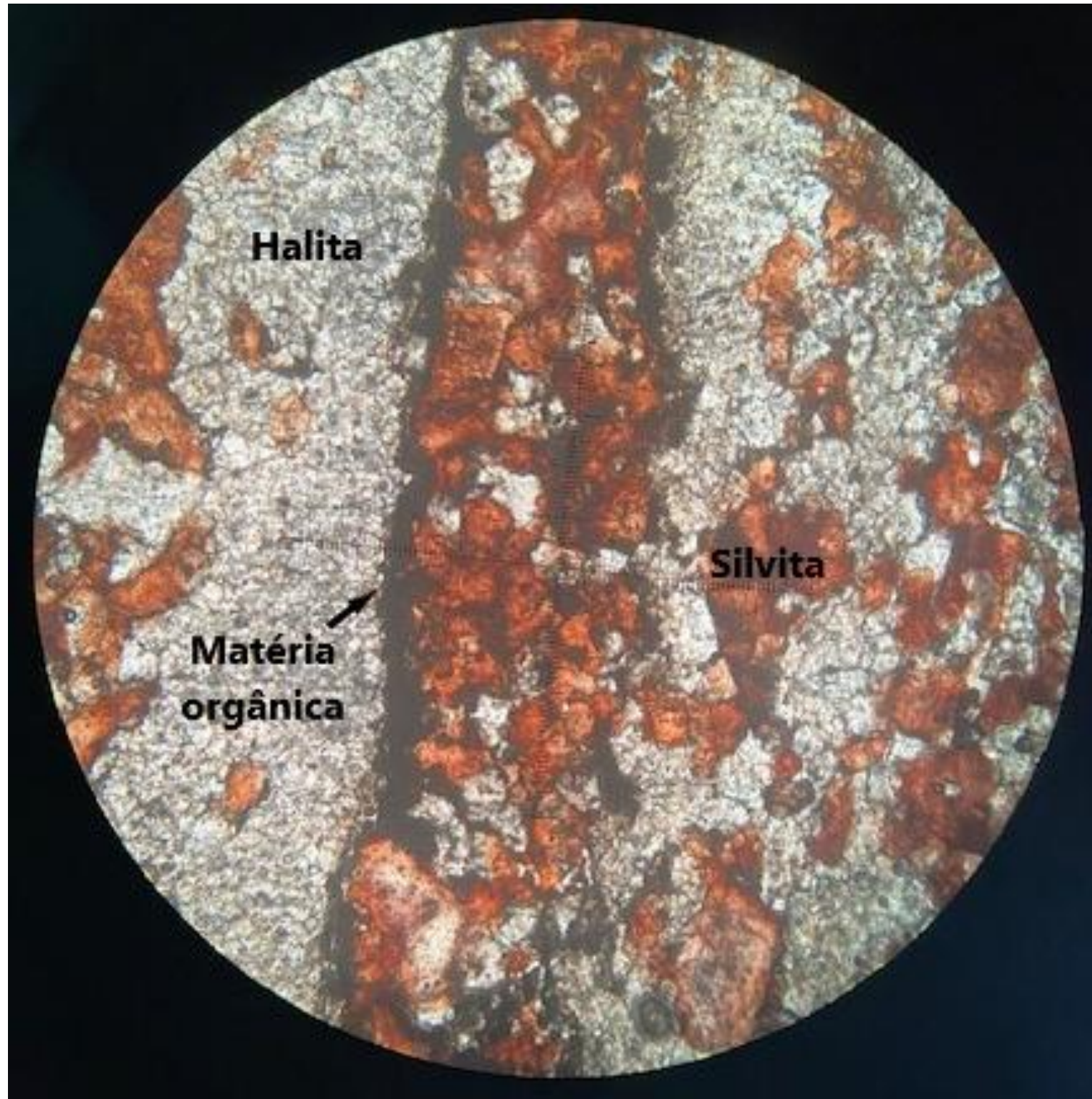


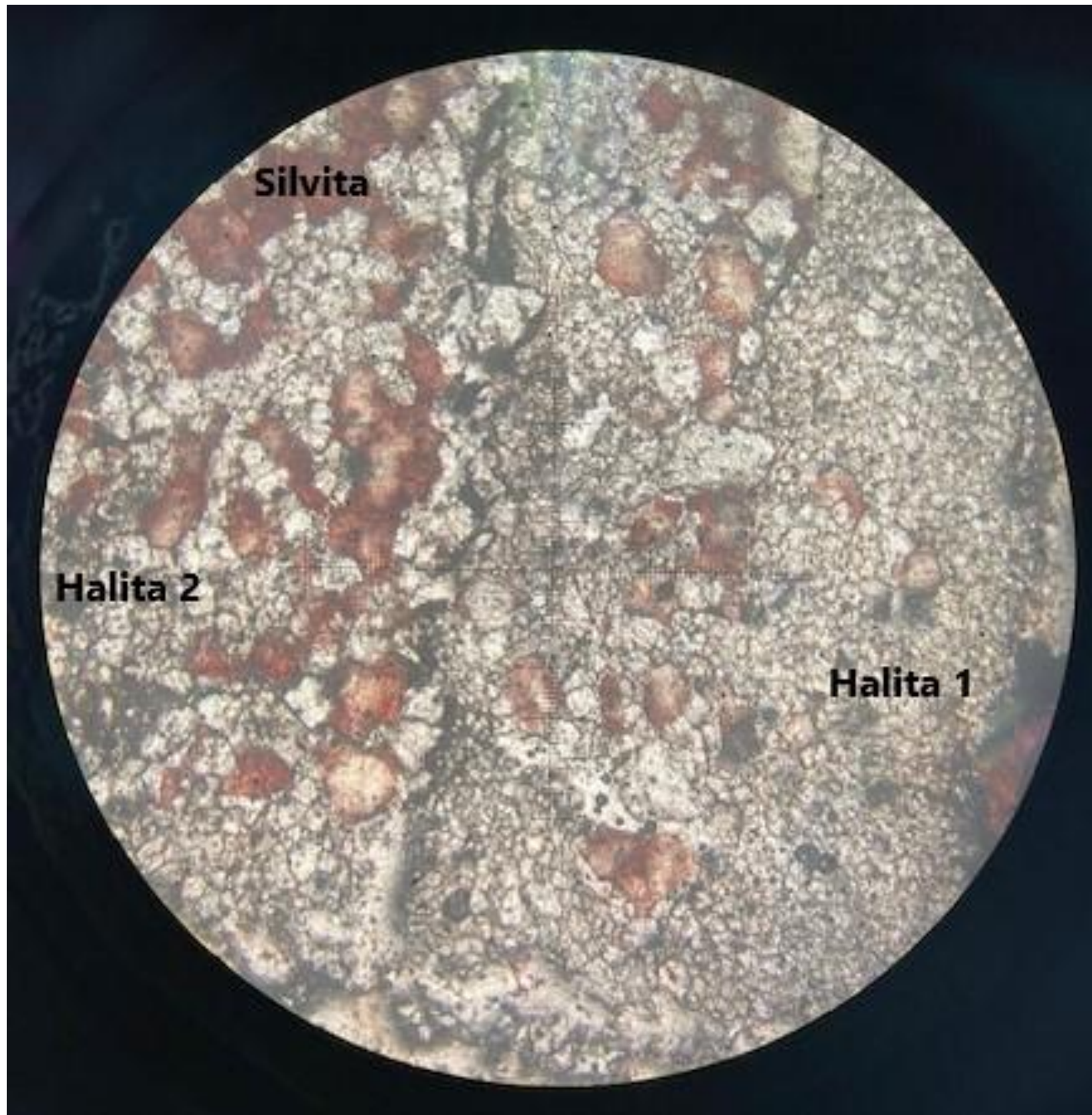
Coluna estratigráfica dos ciclos evaporíticos na Bacia de Sergipe, região de Taquari-Vassouras.

Fm. Muribeca/Mb. Ibura: Ciclos I a IX. Ciclo VII com Silvinita Superior e Silvinita Inferior (espessura média: 5 m).

Carnalita na base do ciclo. Halita acima de silvinita indicaria outro ciclo.





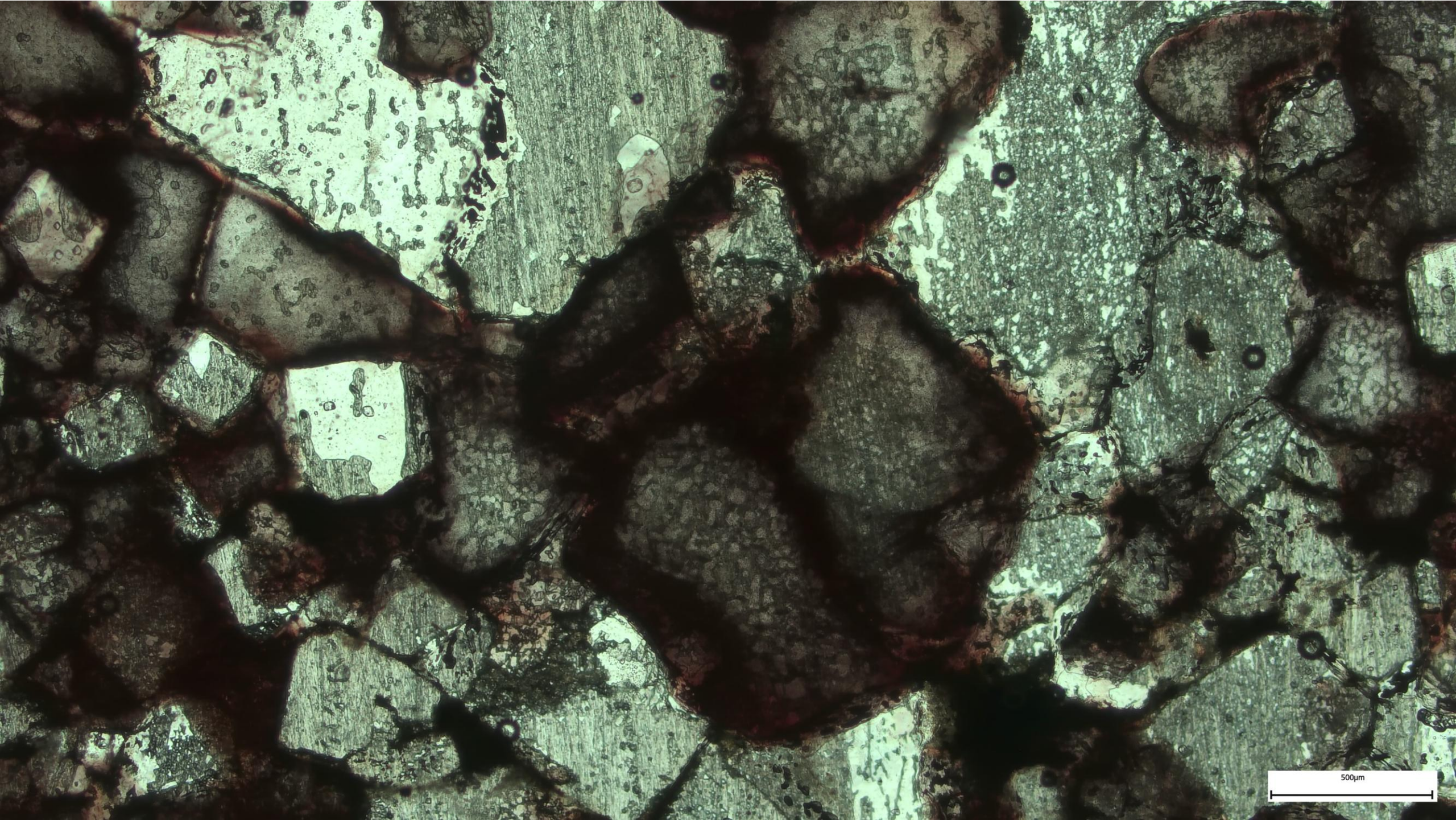


Silvinita B: Amostra de mão coletada na mina de sal. Análise petrográfica detalhada dos minerais evaporíticos.



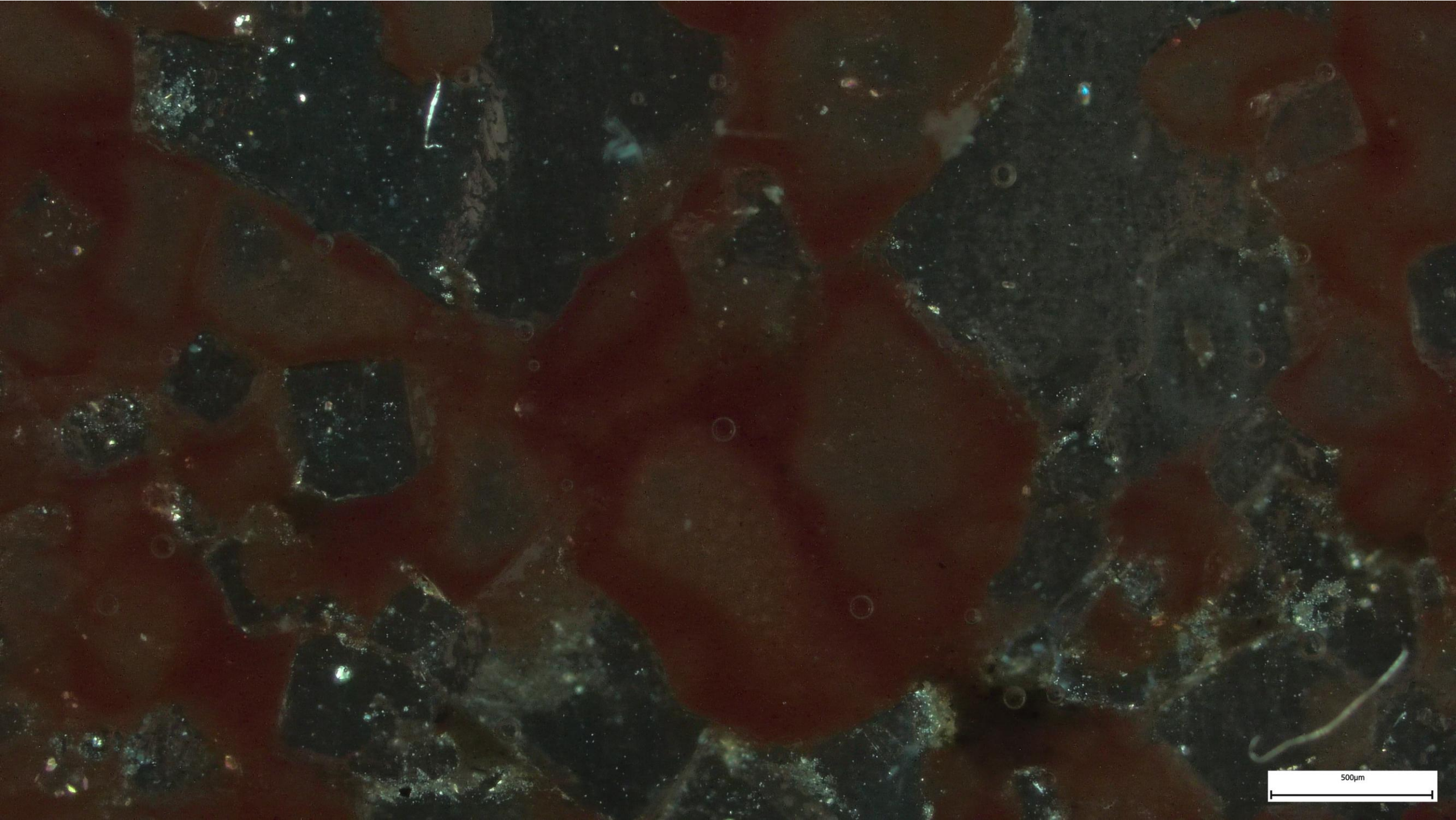
Felipe M. Oliveira (UERJ/LGPA)

SILV_B_Camada 1_textura: Silvita aparece mais escura que halita (cristais cúbicos)



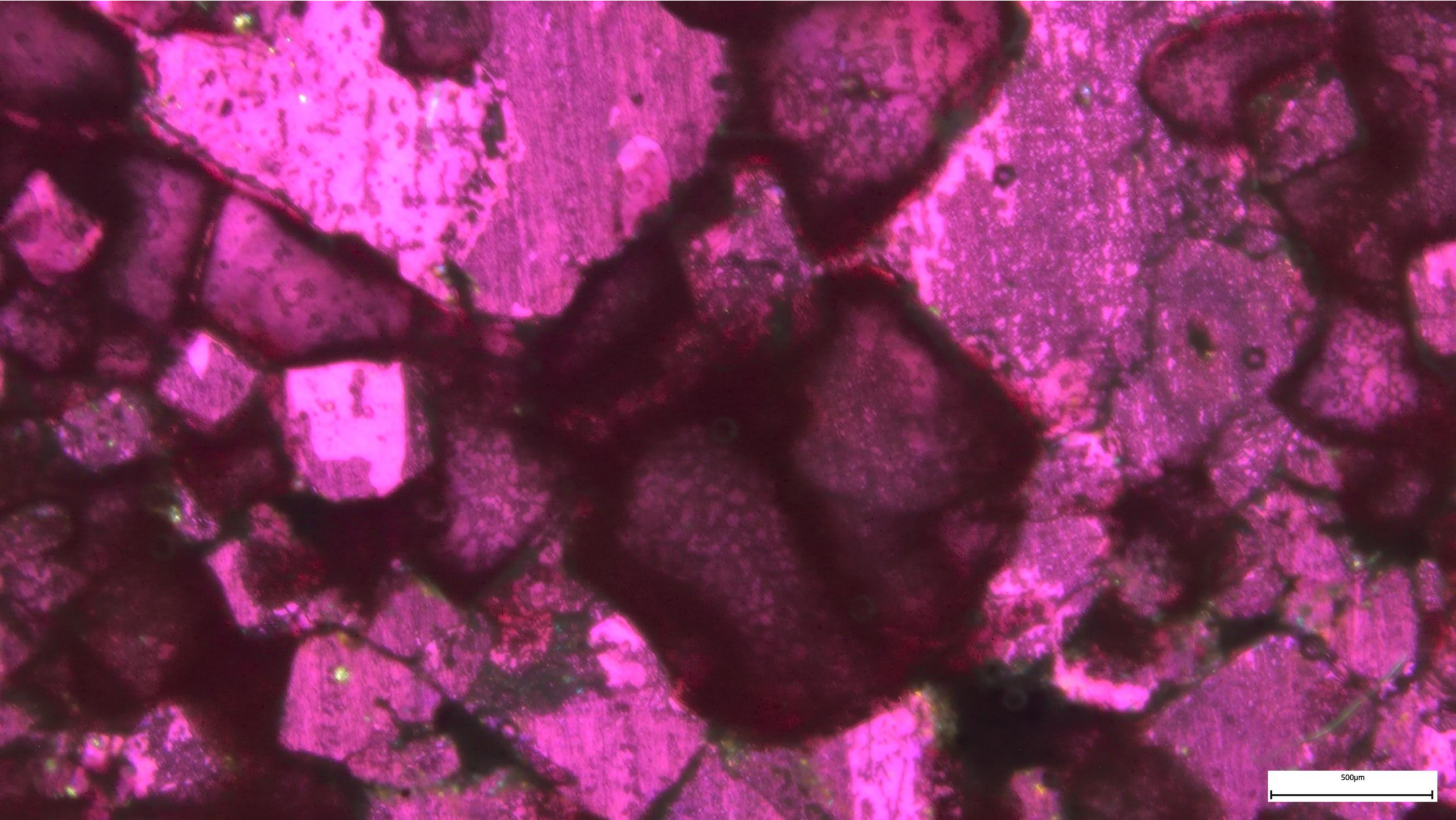
Felipe M. Oliveira (UERJ/LGPA)

SILV_B_Camada 1_textura_cruzada. Silvita com coloração avermelhada – óxido de ferro ?



Felipe M. Oliveira (UERJ/LGPA)

SILV_B_Camada 1_textura_placa de gipso: cubos de halita na cor rosa; silvita na cor mais escura.



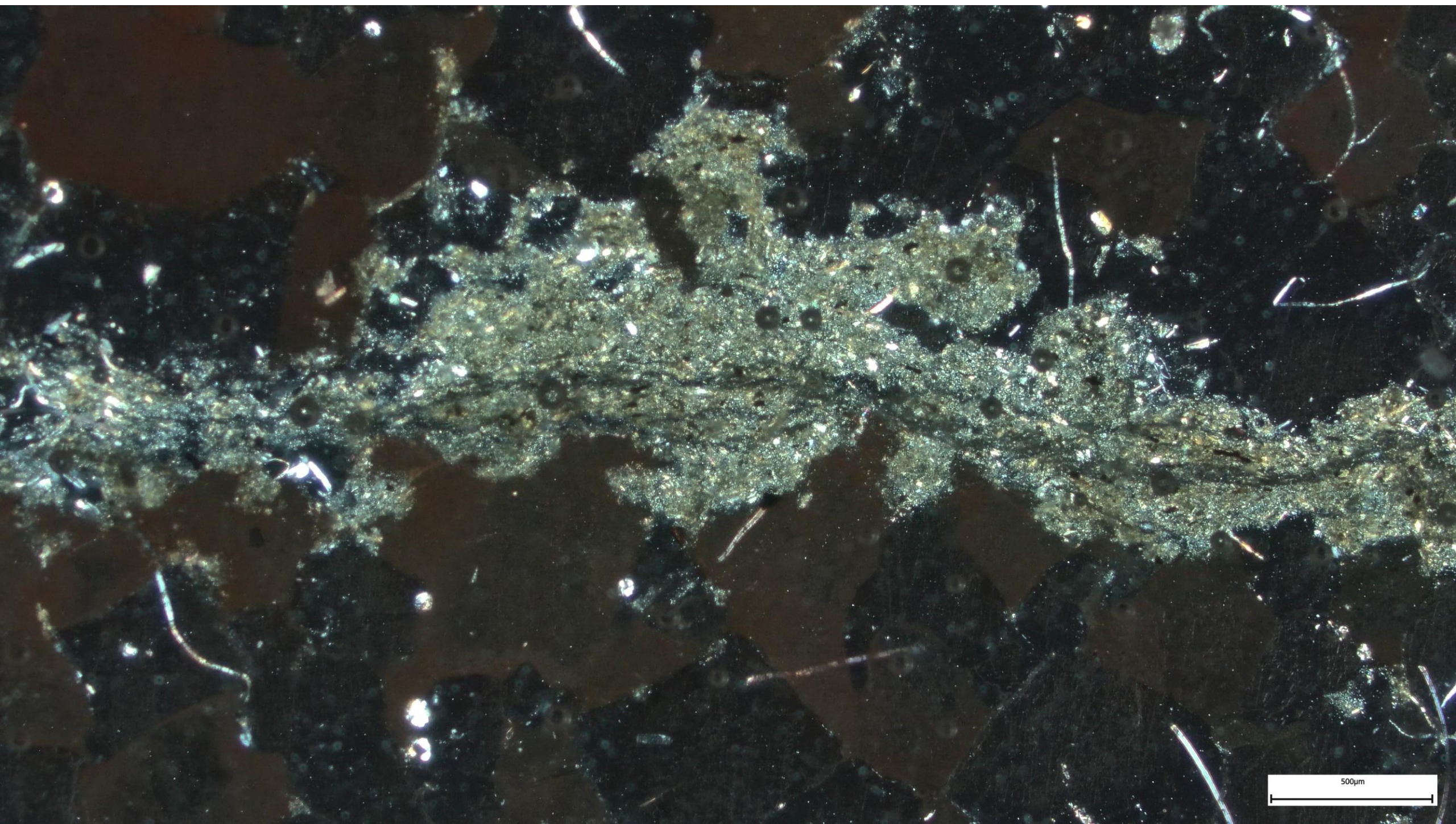
500µm

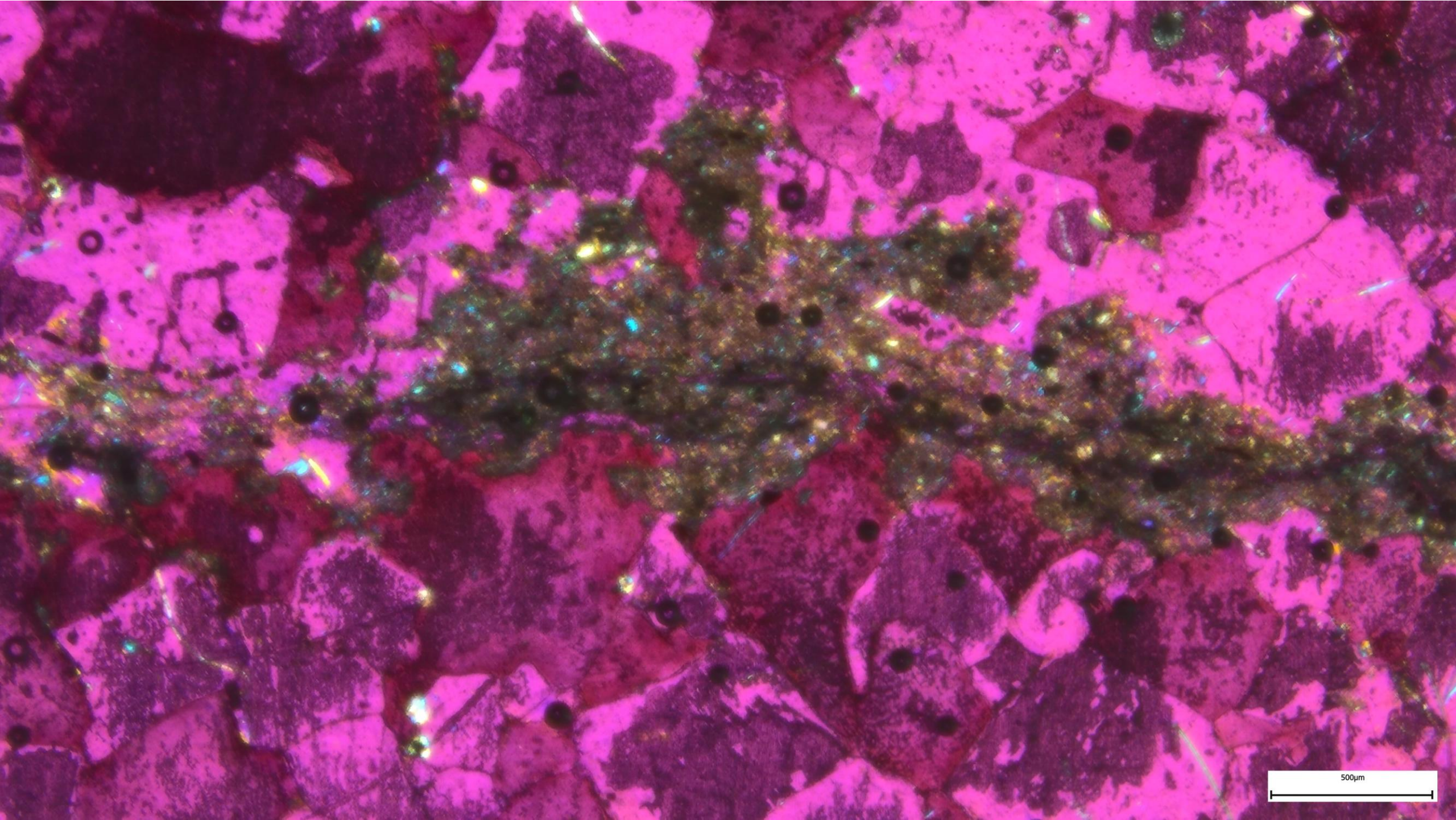
Felipe M. Oliveira (UERJ/LGPA)

SILV_B_Camada 7_Matéria orgânica da base. Em todas as 3 lâminas foi observada a presença de matéria orgânica. Ela está presente na forma de filmes descontínuos de espessura variada, menor que 500 μm . Possui cor castanha escura, fluorescência e contém material opaco < 50 μm em seu interior

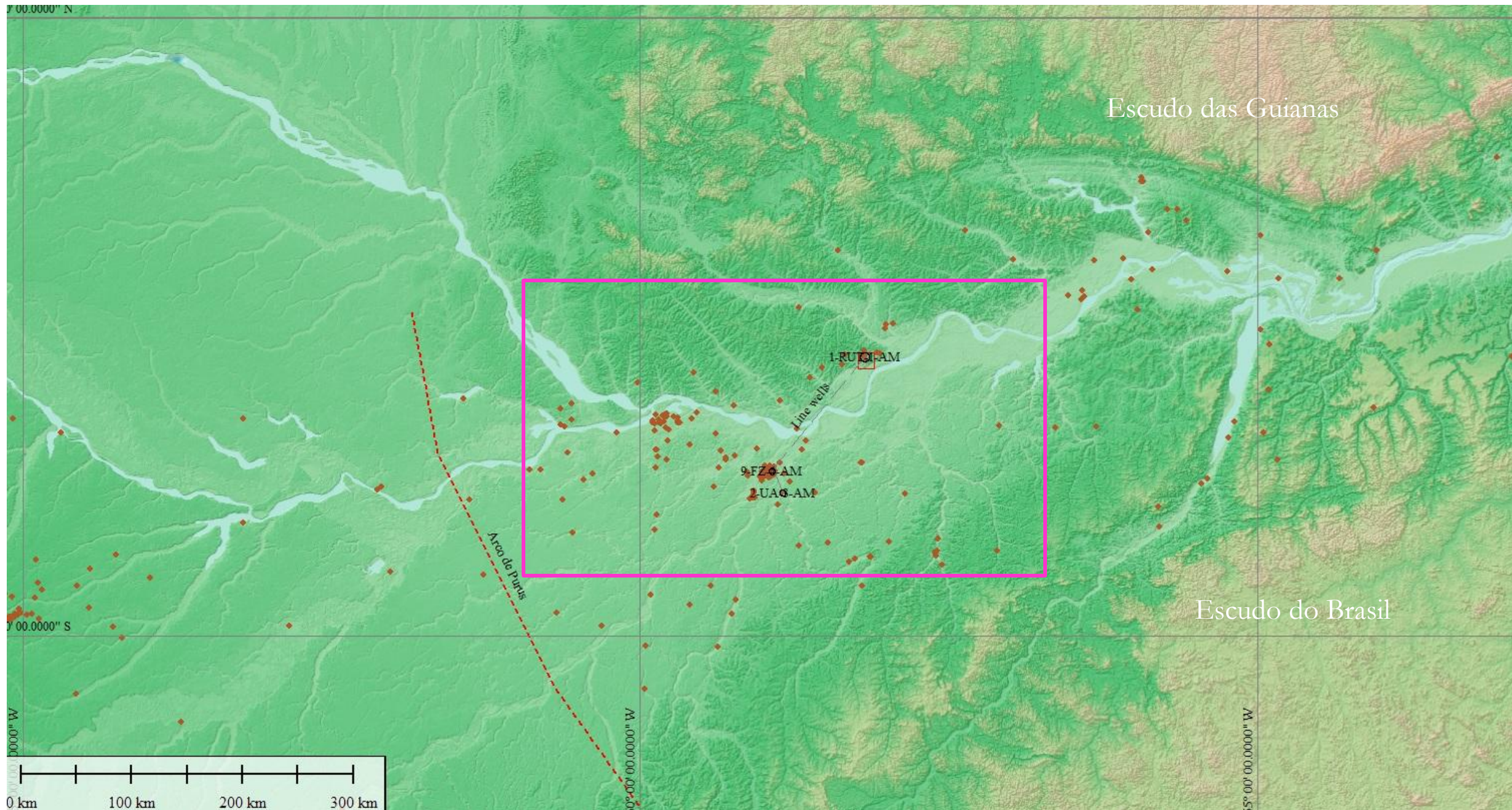


Felipe M. Oliveira (UERJ/LGPA)

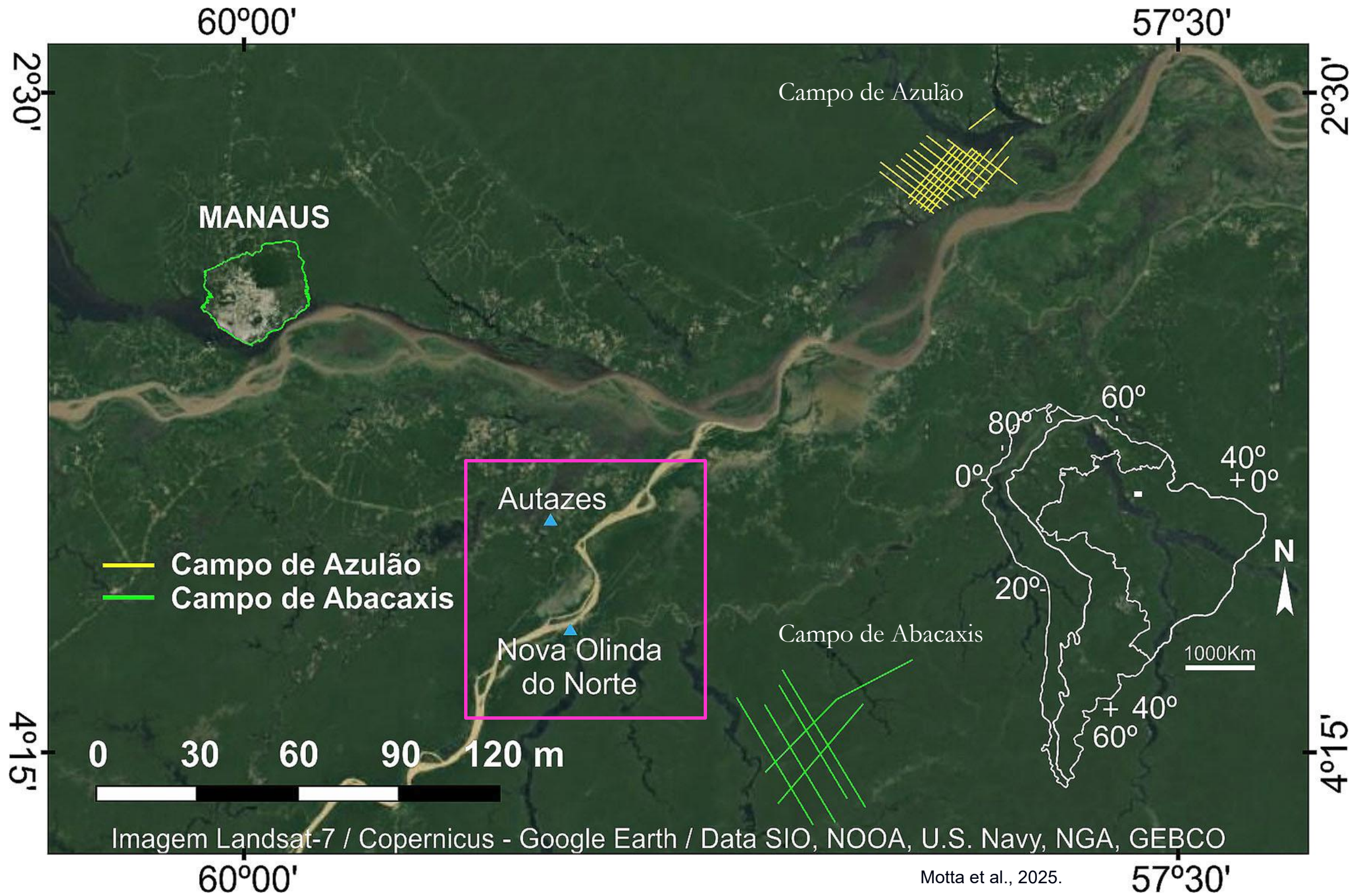




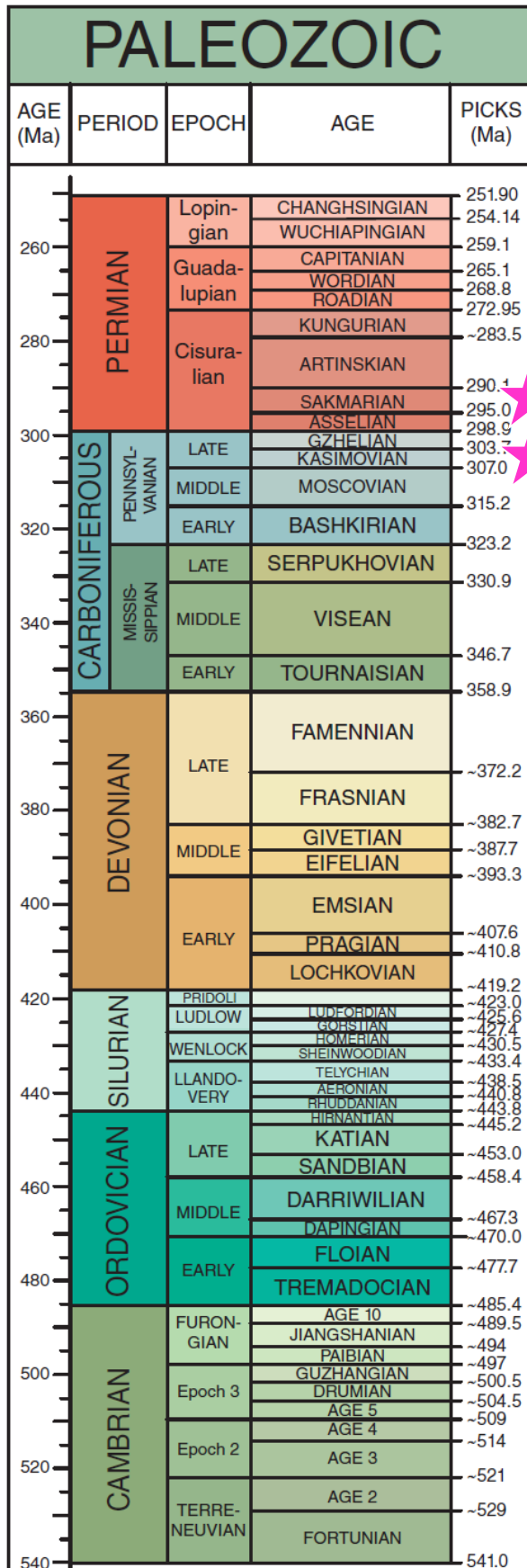
Poços exploratórios na Bacia do Amazonas, a sudeste de Manaus (próximo da confluência do Rio Negro e Rio Amazonas). As regiões de RUT (a norte, no campo de Azulão) e FZ (a sul, Autazes) registram sal de potássio. A Bacia de Solimões ocorre a oeste do Arco de Purus. Afloramentos do Precambriano no Escudo das Guianas e do Brasil.



Bacia do Amazonas com depósitos de evaporitos na área de exploração de petróleo a sul (Campo de Abacaxis) e a norte (Campo de Azulão) do Rio Amazonas. Ocorrências de sal de potássio em Nova Olinda do Norte e Autazes.



Idade dos Evaporitos Bacia do Amazonas



Fm. Nova Olinda

As unidades evaporíticas de maior ocorrência são relacionadas a anidrita, halita, carnalita, silvinita e taquidrita.

Idade dos evaporitos:

Carbonífero Superior (Pensilvaniano) a Permiano (307 a 295 Ma)

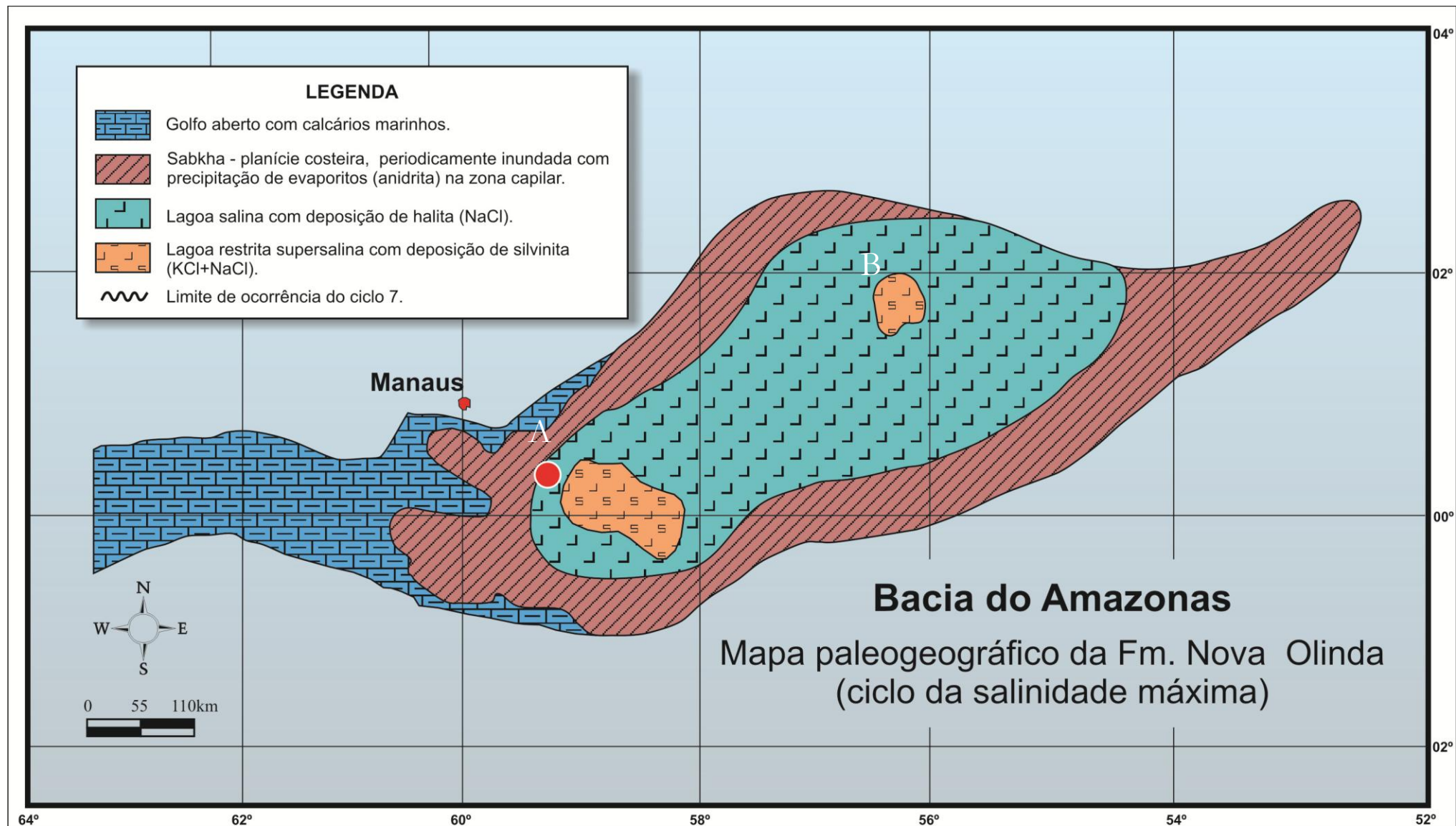
Fm. Nova Olinda – Mb. Arari e Mb. Fazendinha

Mineralização com silvinita: Profundidade variadas (entre 324 m a 782 m).

Presença de almofadas de sal pouco desenvolvidas. Ausência de diápiros de sal.

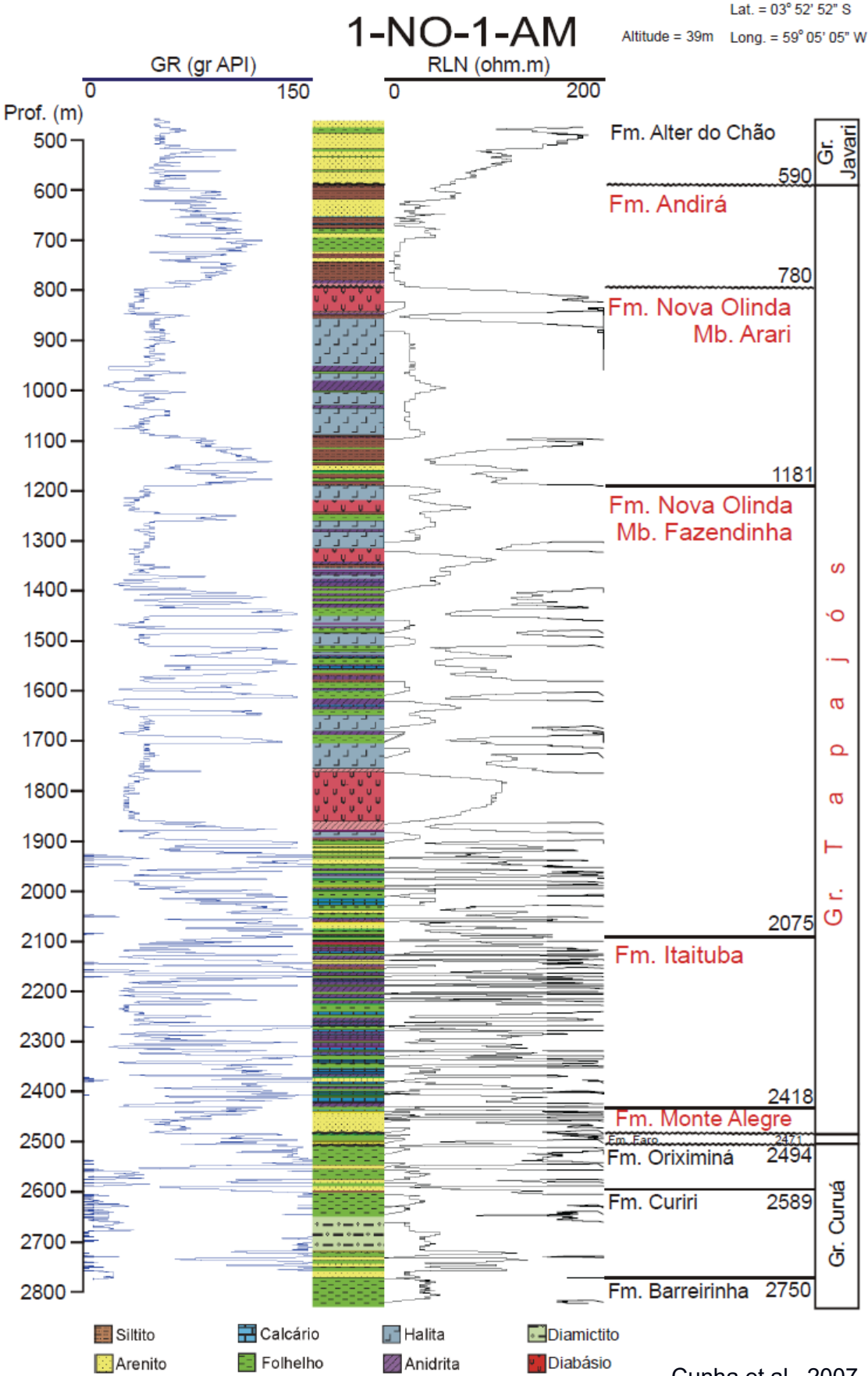
Sal frequentemente intrudido por rochas ígneas associadas ao magmatismo CAMP (~ 200 Ma)

Mapa paleogeográfico da Bacia do Amazonas no Permo-Carbonífero mostrando a deposição de evaporitos em lagunas restritas e sabkha a sudeste de Manaus. A Fm. Nova Olinda apresenta calcáreos (plataforma rasa) – sulfatos (sabkha) – cloretos (laguna). A: Autazes; B: Azulão.

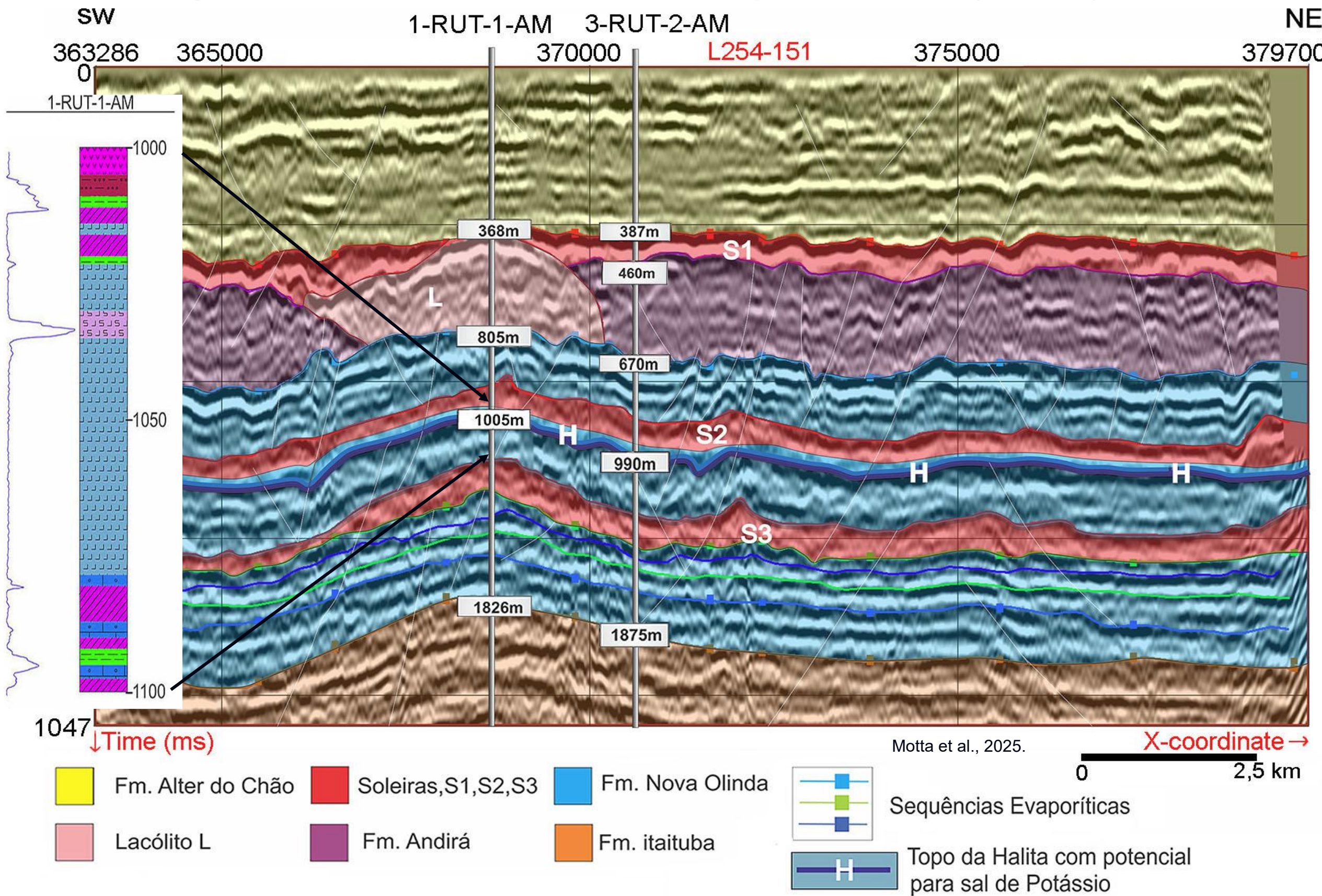


Modificado de Szatmari et al., 1975.

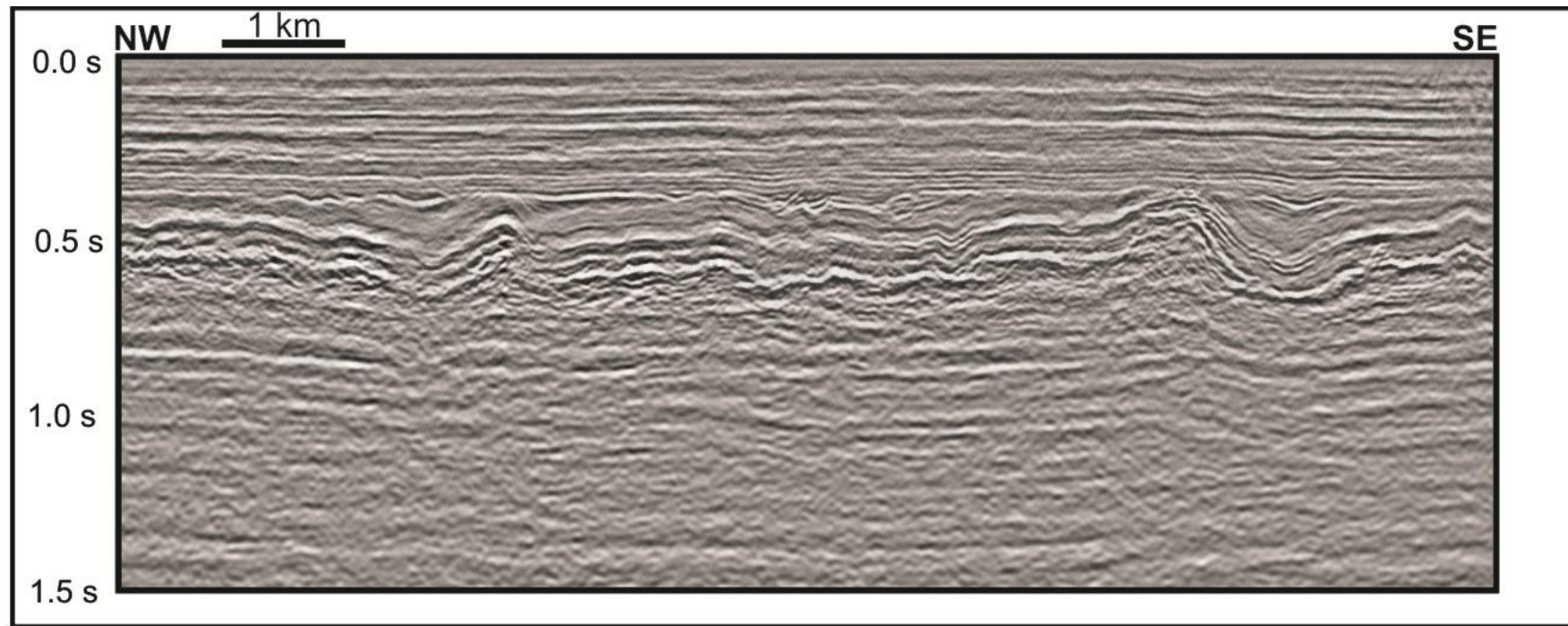
Perfil litológico do poço 1-NO-1-AM com intrusões de diabásio na Fm. Nova Olinda.



Seismic line showing the RUT-1 and RUT-2 boreholes. The RUT-1 borehole penetrated a laccolith (368–805 m) and three sills.

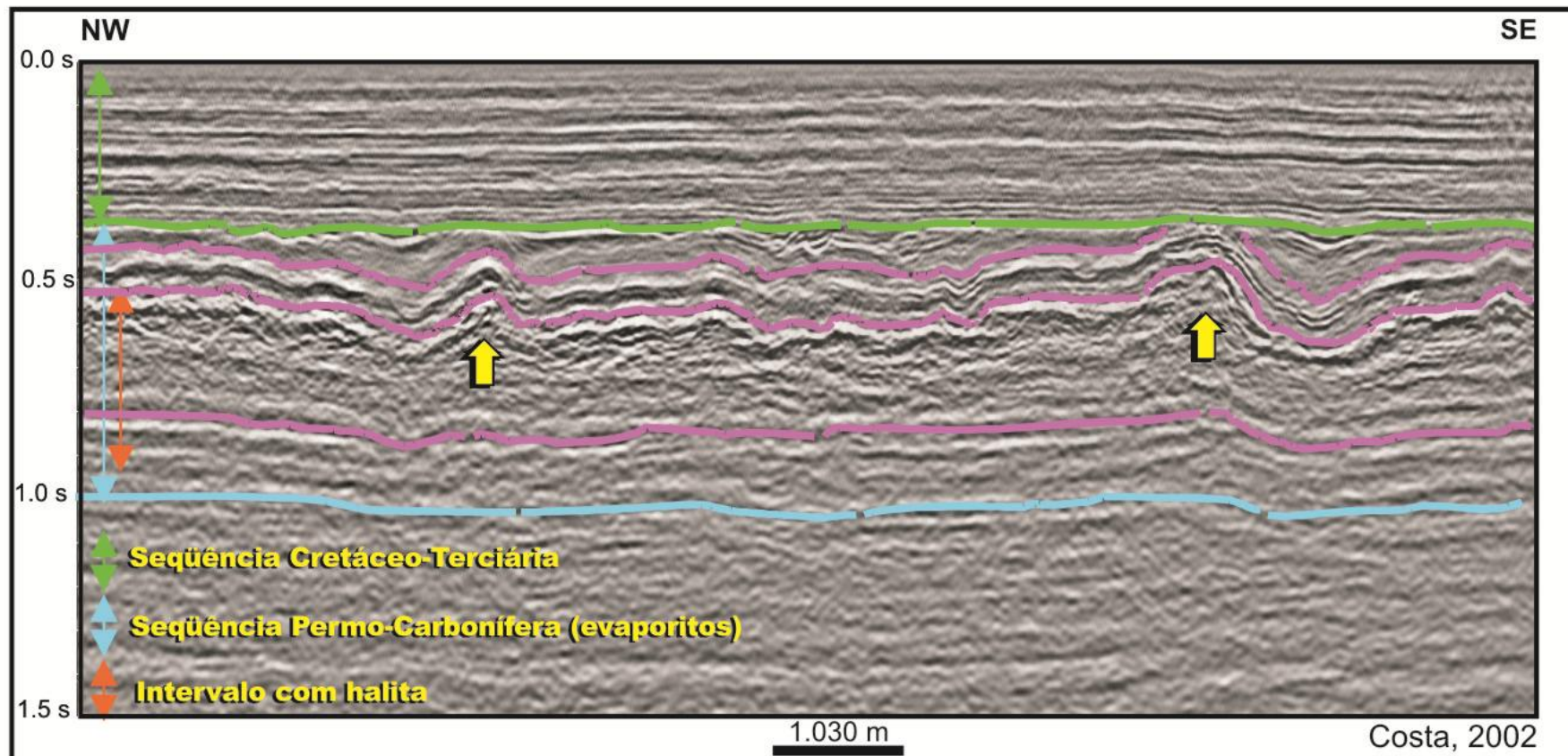


Intervalo de evaporitos do Permocarbonífero com intrusões ígneas (cor rosa). Halocineses incipientes com formação de almofadas.

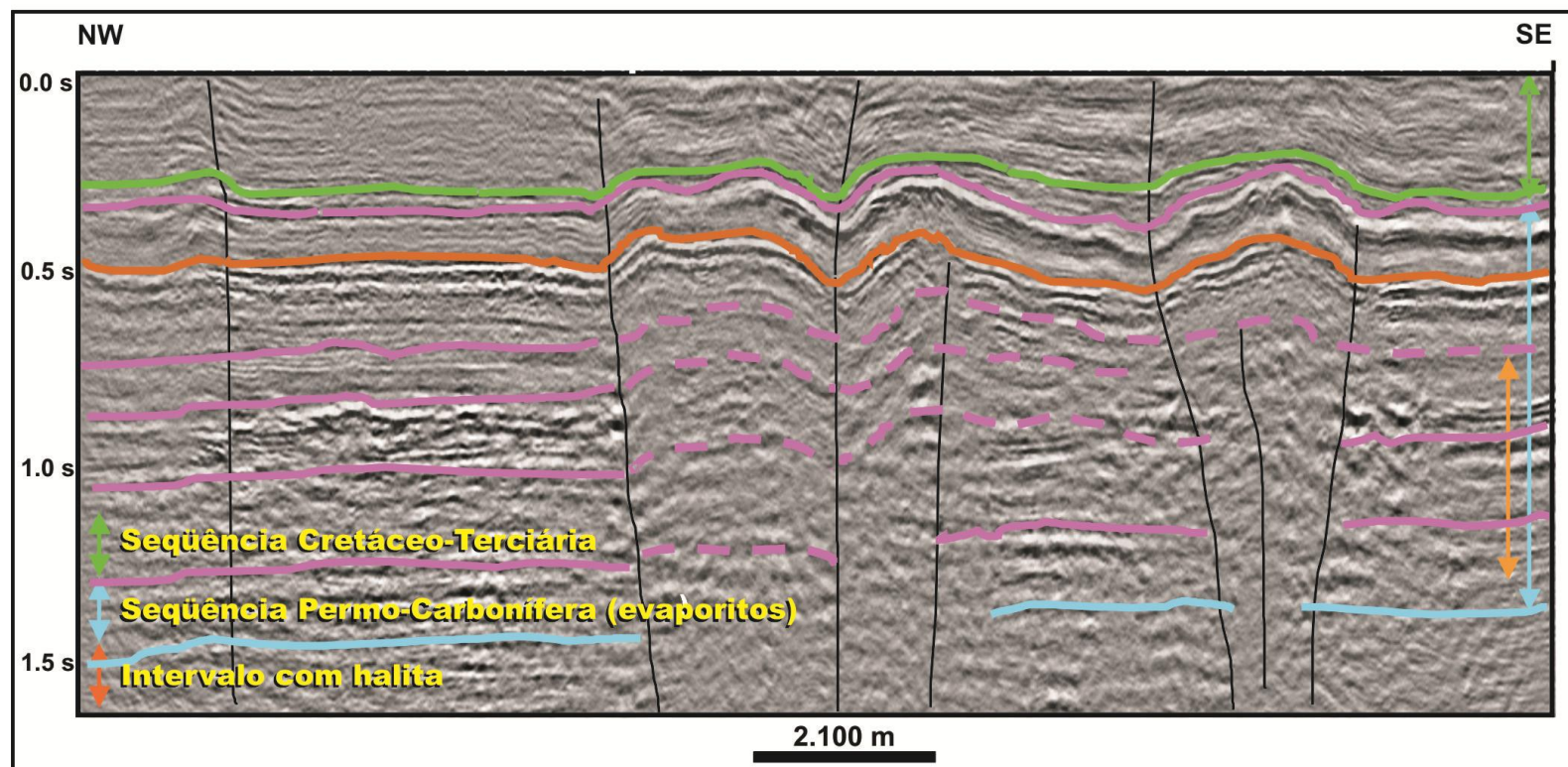
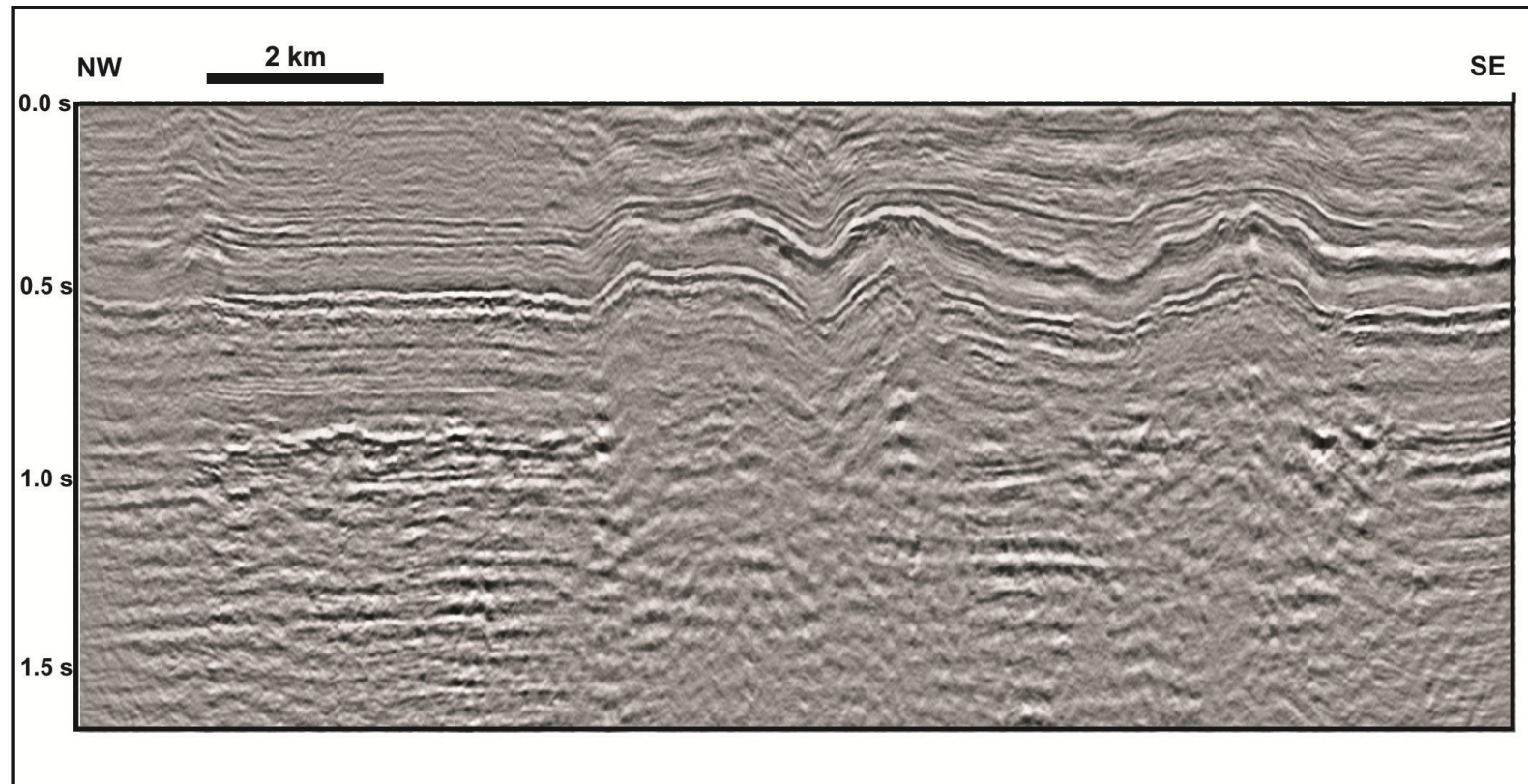


dobra A

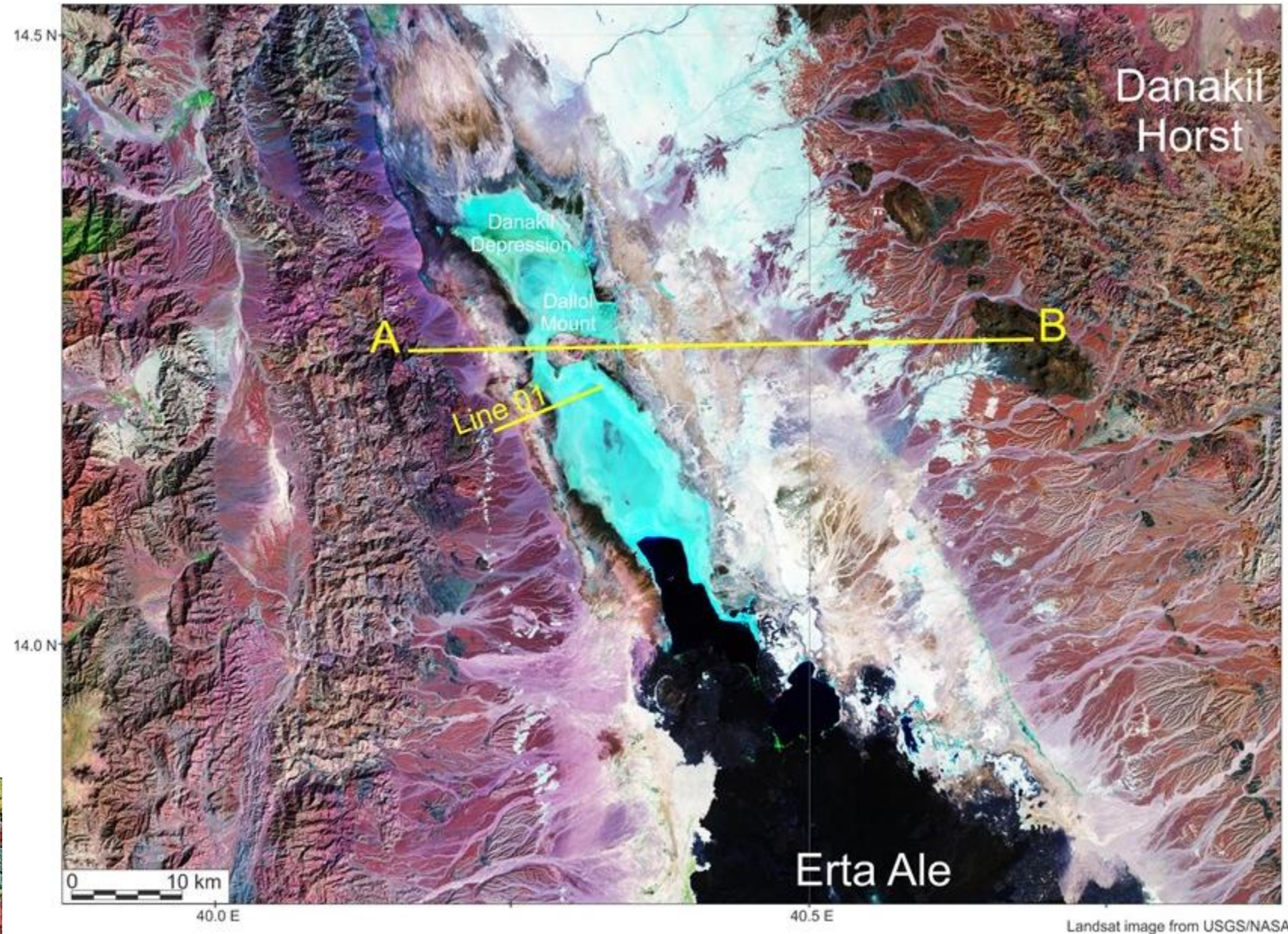
dobra B



Intervalo de evaporitos do Permocarbonífero com intrusões ígneas (cor rosa). Dobras e falhas são observadas afetando os estratos até o Cretáceo e Terciário Inferior.

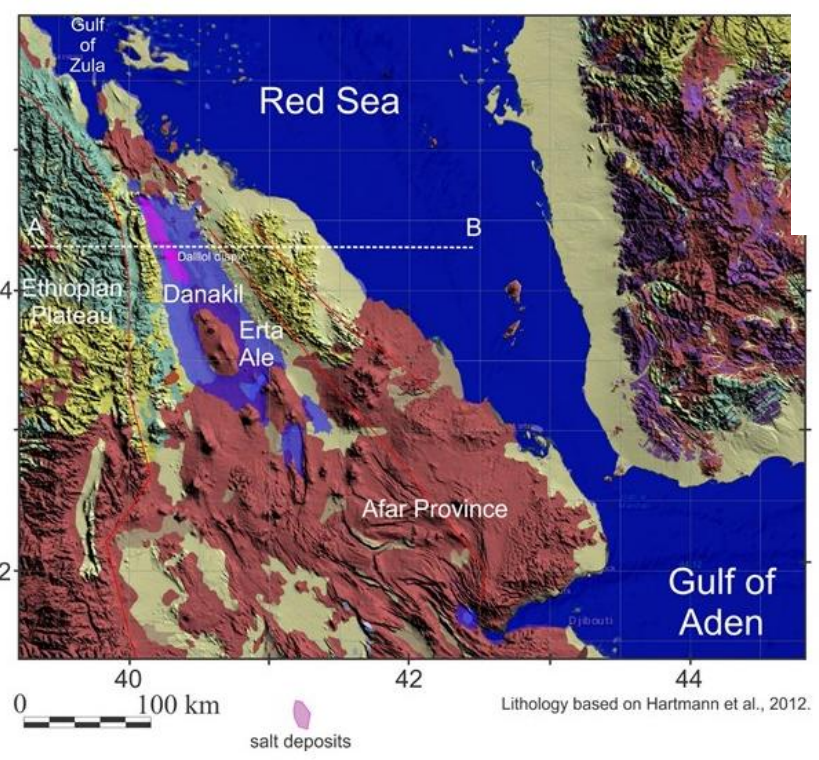


Seção geológica regional entre o Plateau da Etiópia, Depressão de Danakil, Danakil Alps, e Mar Vermelho. A montanha Erta Ale é um vulcão ativo. Lavas basálticas interagem com o sal a sul da seção A-B.



Landsat image from USGS/NASA.

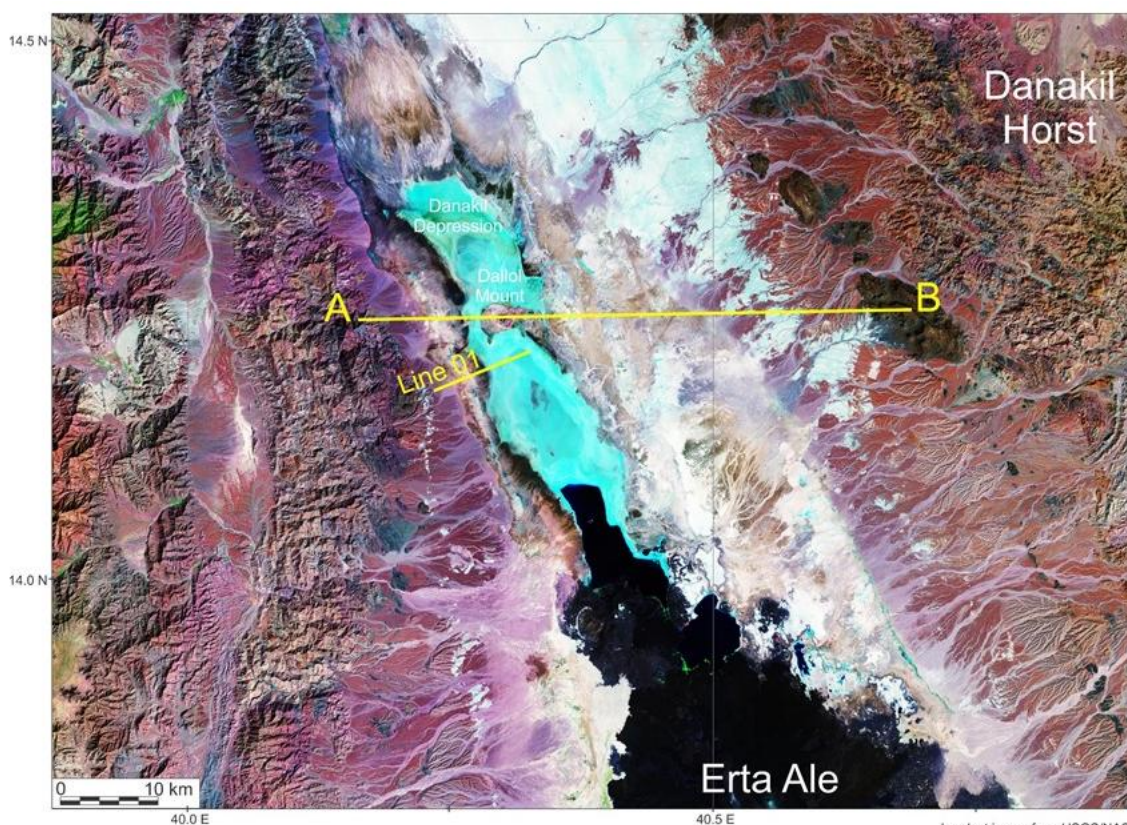
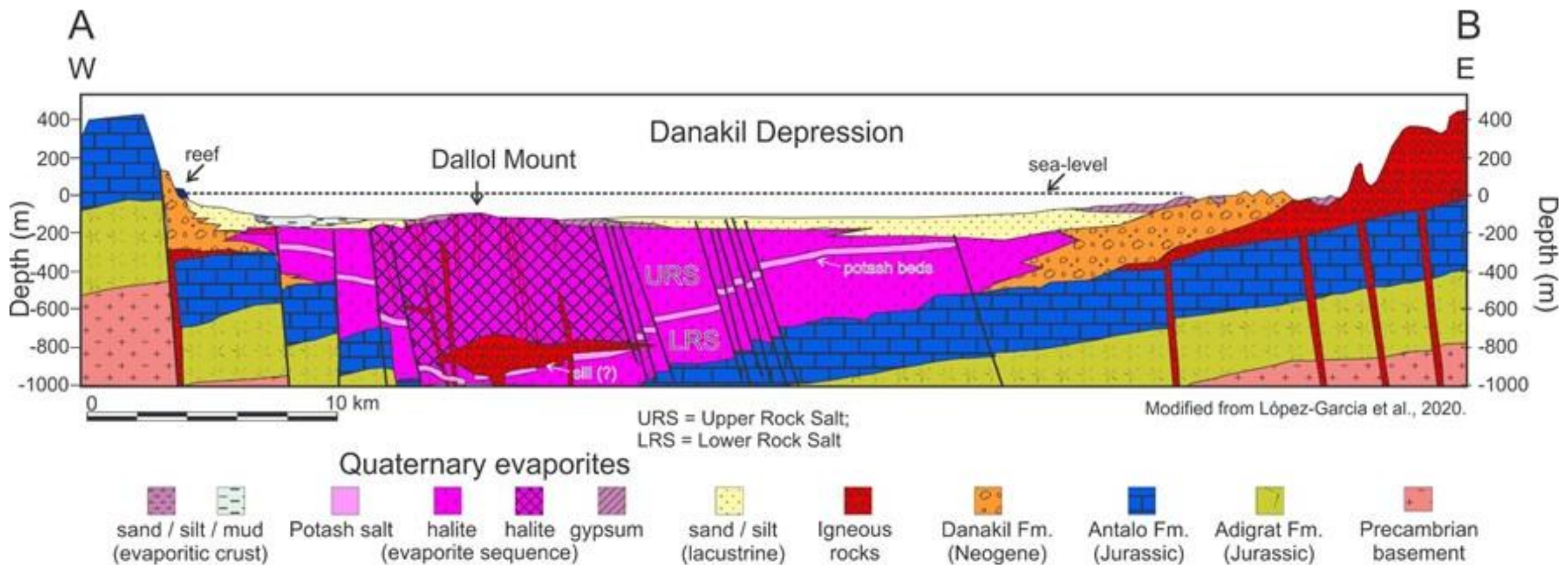
Mohriak, 2025. Salt in the Earth Sciences.



Lithology based on Hartmann et al., 2012.

salt deposits

Seção geológica regional entre o Plateau da Etiópia, Depressão de Danakil, Danakil Alps, e Mar Vermelho. A Depressão de Danakil está abaixo do nível do mar. O Monte Dallol é caracterizado por halita na superfície e rochas ígneas em profundidade. Há hidrotermalismo na região.



Evaporitos aflorantes na Depressão de Danakil Região de Afar na Etiópia



Salt Geomechanics: What Happens When Mafic Magma Penetrates Evaporitic Layers?

An igneous intrusion into an evaporite sequence is not merely a thermal event — it is a geomechanical trigger.

In the study by Schofield et al. (2014), direct observations from the Herfa-Neurode mine (Germany) reveal how carnalite-rich layers ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) act as mechanical weakness horizons during the intrusion of mafic magmas.

Geomechanical Implications:

1. Mineralogical Heterogeneity as a Conduit for Intrusion
Carnalite is a hydrated salt with a low decomposition temperature (140–170 °C). Under heating, it releases structural water and magnesium chloride, creating a fluid medium with highly plastic behavior.

This enables magma to be emplaced laterally in a non-brittle fashion, generating globular peperitic textures with bulbous contours, indicative of mechanical mingling between viscous fluids (salt and magma).

2. Creation of Temporary Decoupling Horizons

The transformation of carnalite layers into fluidized zones promotes mechanical decoupling between salt strata, activating halokinetic processes even in consolidated and ancient salt.

3. Solidification as a “Structural Lock”

Upon cooling, mafic sills solidify, forming a rigid mesh within previously weak horizons, such as carnalite.

Key Conclusions

The mineralogy of the salt directly controls the shape and location of magmatic intrusions.

Carnalite acts as a preferential “channel” for magma due to its ability to behave as a fluid under heat.

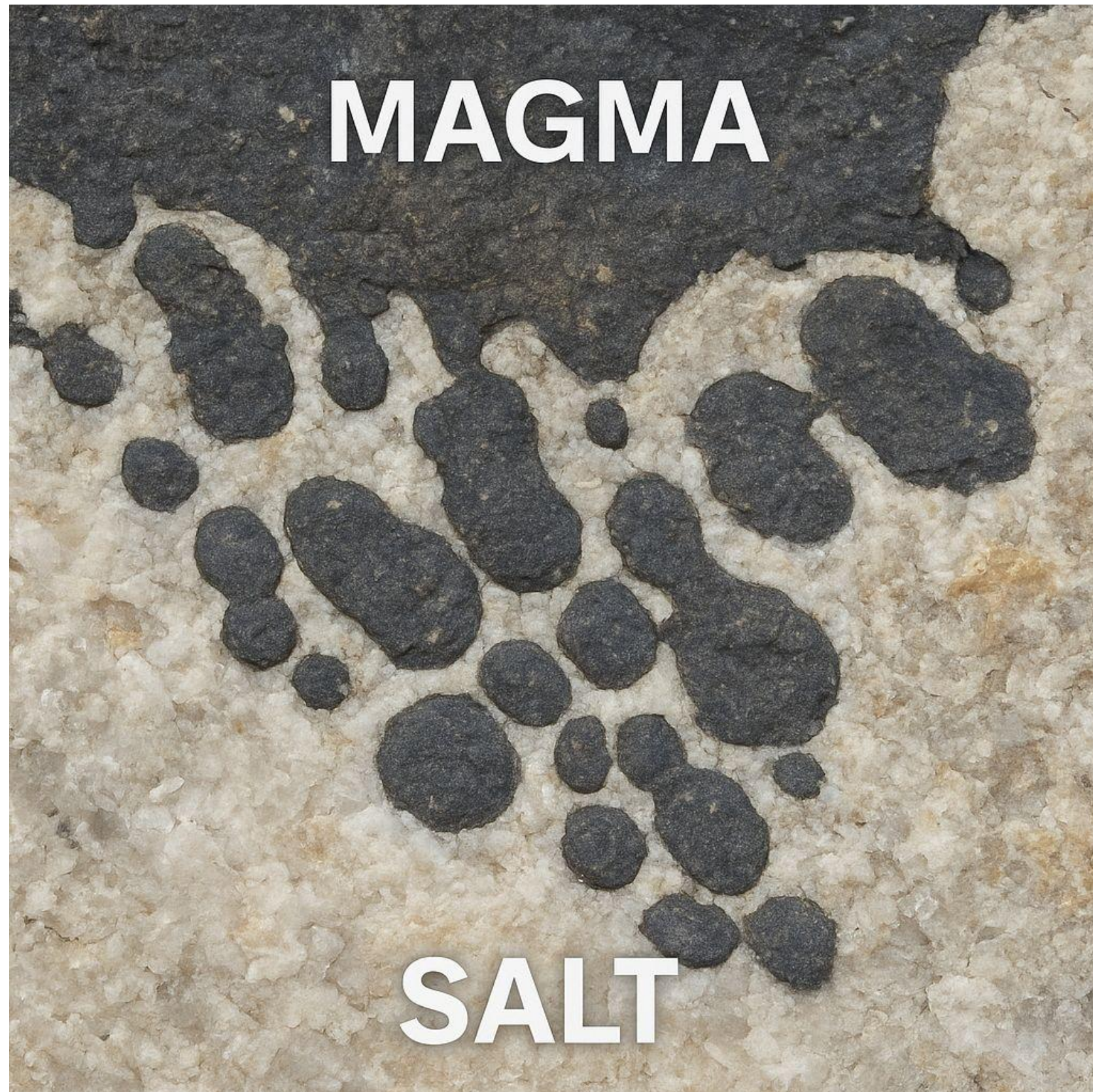
The formation of peperitic textures is the clearest evidence of magma–salt interaction in a non-brittle state.

The model is scalable and applicable to other basins with evaporites and magmatism.

It can hinder future movements by increasing the internal rigidity of the salt sequence, inhibiting structural reactivations and altering mechanical weakness zones in salt traps.

4. Relevance for Geomechanical Modeling and Well Engineering.

In basins such as the South Atlantic, Afar, and North Sea, identifying hydrated layers is crucial for predicting preferential magma intrusion pathways and assessing risks to well integrity and trap stability.



Ancient evaporite basins in Brazil

Basin	Age	Environment	Stratigraphy	Remarks
Sergipe	Upper Aptian	Transitional/marine	Muribeca Fm./ Ibura Mb.	<p>Taquari-Vassouras mine targets sylvinite beds in Muribeca Fm. (Ibura Mb.), intercalated with halite host, variable carnallite, and tachyhydrite. Primary textures in sedimentary units are up to 90 m thick. The evaporite layers constitute some nine cycles deposited in an opening rift during the Late Aptian. Two main sylvinite layers are present in the basin depocenter.</p> <p>Various phase of volcanic activity are recognized in the basin's distal margin. These are mainly related to the Albian rifting and formation of oceanic crust, including wedges of SDRs in the distal margin.</p>
Amazonas	Upper Carboniferous/ Lower Permian	Marine	Nova Olinda Fm.	<p>Two sylvinite layers occur in the basin depocenter. Sylvite cap the uppermost of seven evaporite cycles, also with some carnallite. East of Manaus, the evaporite deposits occur at 1000 m depth, with average thickness of halite layers of about 2.7 m. Three main sills associated with the CAMP magmatism. Sills occur within the Permo-Carboniferous sequences, forming thick layers.</p>

Four hypotheses:

Original deposition of sylvite as part of the evaporite cycle (anhydrite-halite-carnallite-sylvite-tachyhydrite). Bedded soluble salt layers following basin desiccation events.

Dissolution of carnallite layers by less saline marine water inflow in the Albian – Cenomanian transgressive events.

Dissolution of carnallite layers by meteoric water inflow forming karsts.

Dissolution of carnallite due to sea-level fluctuations in the Neogene.

At present levels of production (~28 million t K₂O per year) and with current/planned capacity, the industry can easily meet future demands.

At present levels of production, minable reserves and the known reserve base are suficiente to supply potash for at least 600 years.

The Taquari-Vassouras salt mine in the Sergipe Basin produced 360,000 t K₂O in 2024, and the recoverable ore reserves are equivalent to 10 million tons. At current production, the reserves can be exploited for 28 years.

Brazil presently imports >95% of internal consumption, but new mines will be opened in the Amazon region (Autazes Project).

Exploração de sal de potássio na Amazônia e outras regiões

Grande demanda nacional para sal de potássio: O Brasil é o maior importador mundial de potássio, com 14 milhões de toneladas importadas em 2024. Em 2019 o total de importação era de 10 milhões de toneladas. O cloreto de potássio é importado principalmente de países como Canadá, Rússia e Belarus.

Principal Mina em Operação: A única mina de potássio em atividade no Brasil é a de Taquari-Vassouras, em Sergipe, operada inicialmente pela Petromisa, depois Vale do Rio Doce, e Mosaic Fertilizantes. Ela produz cerca de 400 mil toneladas de KCl por ano, o que representa menos de 5% da demanda nacional.

Reserva de Autazes (AM): O Projeto Potássio Autazes, conduzido pela Potássio do Brasil (subsidiária da Brazil Potash), é o principal empreendimento em desenvolvimento. Localizado no Amazonas, a sudeste de Manaus, o projeto explora a silvinita (rocha composta por cloreto de potássio e cloreto de sódio) a 800 metros de profundidade. O projeto prevê uma produção anual de 2,2 milhões de toneladas de KCl, com investimento de US\$ 2,5 bilhões, e pode suprir 20-30% da demanda brasileira por 30 anos

Bacia do Amazonas: Estudos do Serviço Geológico do Brasil identificaram depósitos significativos em Autazes, Nova Olinda do Norte e Itacoatiara, com reservas estimadas em 3200 milhões de toneladas de minério (teor médio de 30,7-32,59% KCl).

Outras Regiões: Além do Amazonas, reservas de potássio foram identificadas em Sergipe, São Paulo e Minas Gerais.

Poços exploratórios das bacias da margem leste brasileira indicam a presença de silvinita e carnalita em perfis elétricos. Perfis elétricos indicam a ocorrência de sal de potássio no mar, conforme registros em Sergipe e Santos.

Agradecimentos

Afonso L. P. Carvalho Jr.
Sarah P. Pereira

CPRM/SGB

Ioná Cunha
Marcelo Motta
Higo Nunes
Katiane Salviano

UFBA/UERJ

Cora Mattos
Cícero da Paixão Pereira
Felipe M. Oliveira

