

# Exploração Mineral de Depósitos de Potássio: Métodos e Técnicas



Mina Taquari Vassouras –Sergipe- Brasil



Mina Taquari Vassouras –Sergipe- Brasil

**SIMEXMIN - IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO MINERAL**  
**Ouro Preto -2010**

# Pesquisa Mineral Mundial de Potássio desde 1850



<b>Principais descobertas Jazidas/depósitos 1850 -1930</b>	<b>Principais descobertas Jazidas/depósitos 1946 -1980</b>	<b>Última mina de potássio</b>	<b>Ausência de pesquisa em grande escala</b>
Alemanha(1851) Stassfurt  França (1904) – Alsácia  Espanha (1912) - Suria  Rússia (1917) – Urais  EUA (1926) - Novo México	Canadá(1947)Saskatchewan  Congo (1960) - Holle  Etiópia ( 1960) – Dallol  Brasil(1974) Sergipe/Amazônia Argentina(1980) - Neuquen	Taquari Vassouras Sergipe- Brasil Início da produção 1986	1986 - 2005  Redução da pesquisa exploratória em escala mundial  Não foram abertas novas minas  Iniciativa Brasil Projeto Carnalita de Sergipe com planta piloto

**Situação atual da pesquisa mineral:  
Nova fase exploratória em escala mundial desde 2006**

# Métodos de Lavra de Potássio

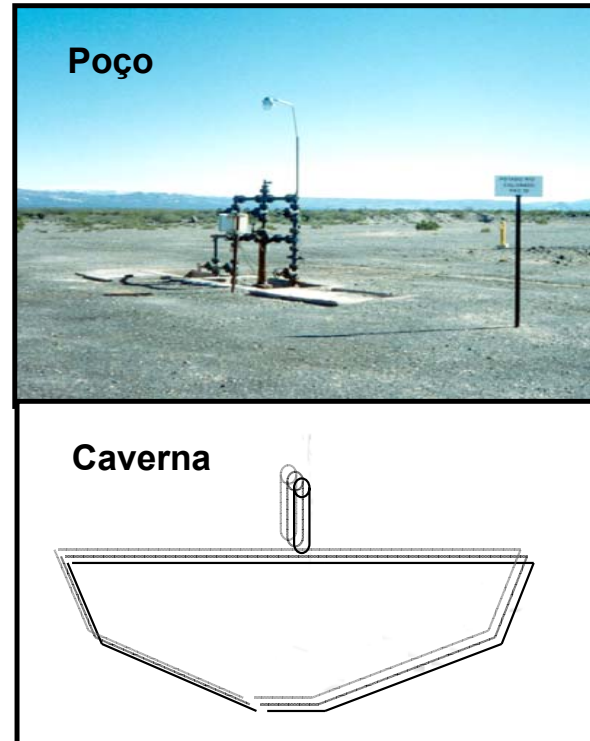


## 1- Lavra Subterrânea Convencional (Câmaras e pilares; longwall; corte e aterro)



## 3- Aproveitamento de salmouras superficiais e subterrâneas

## 2- Lavra por Dissolução (Poço vertical)



# Fontes econômicas de potássio



## Principais Depósitos

### Evaporitos

#### Depósitos pobres em sulfato

- Lavra subterrânea convencional com beneficiamento através de flotação
- Lavra por dissolução com cristalização fracionada

#### Depósitos ricos em sulfato

- Lavra subterrânea convencional seguida de processo de flotação

### Salmouras superficiais e subterrâneas

- Processamento de salmouras naturais e evaporação solar

# Depósitos pobres em sulfato



## Minerais predominantes

### Silvita – (KCl)

Ocorre frequentemente associada a halita

É o principal minério de potássio e 70% da produção mundial é proveniente de depósitos de silvinita. A silvinita é secundária na maioria dos depósitos.

## Principais Rochas

### Silvinita (KClNaCl)

Silvita e halita com teor médio  
De 30% KCl na mina  
Taquari Vassouras em SE  
e 38% KCl em SRL-SE)

### Carnalita (KClMgCl<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O) Teor - 26.83% KCl

Atualmente não existe produção de KCl em grande escala proveniente de depósitos de carnalitito.

### Carnalitito

Carnalita associada com halita  
em Taquari Vassouras em SE  
com teor médio de 10% de KCl

# Depósitos ricos em sulfato



## Minerais predominantes

### Silvita – (KCl)

Ocorre associada a halita

**Carnalita** - 26.83% KCl

Equivalente a 16,95% K<sub>2</sub>O

KClMgCl<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O

**Kainita**- 29.94% KCl

Equivalente a 19,26% K<sub>2</sub>O

MgSO<sub>4</sub> kCl 3H<sub>2</sub>O

**Polihalita**- 15,62% K<sub>2</sub>O

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> MgSO<sub>4</sub> 2CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O

**Langbeinita**-22,69%K<sub>2</sub>O

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2Mg SO<sub>4</sub>

## Principais Rochas

### Silvinita (KClNaCl)

Silvita com halita

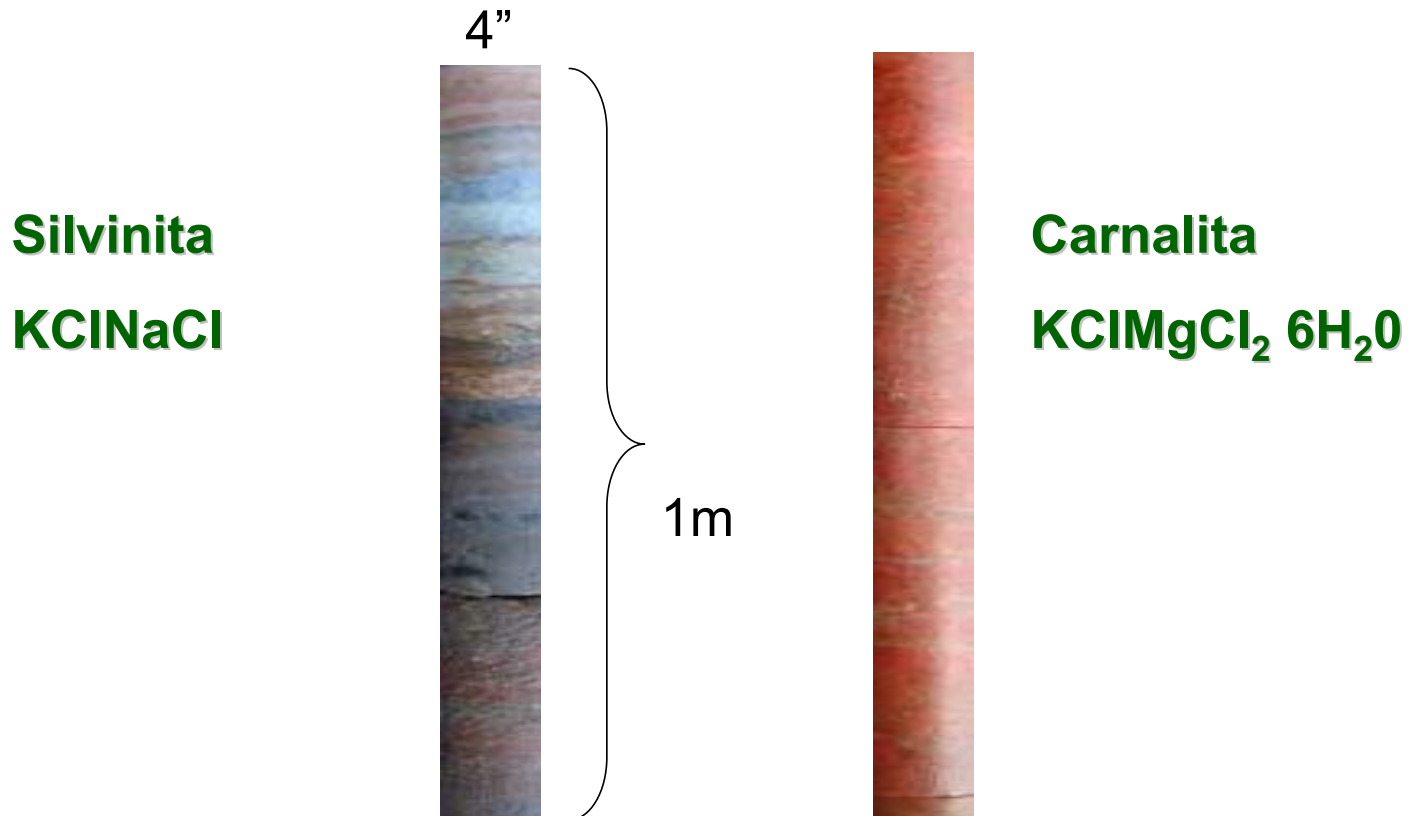
### Kainitito -60% de Kainita

Kainita com halita

### Hard salt

Kieserita/ langbeinita com halita

## Testemunhos mina Taquari Vassouras



# Exploração mineral de depósitos de potássio



## Identificação preliminar de alvos - Geofísica de poço

A maioria dos poços perfurados para pesquisa de petróleo nas bacias sedimentares brasileiras, principalmente os anteriores a 1998, não foram perfilados no intervalo de interesse e com todos os perfis necessários para diferenciar os tipos de sais.

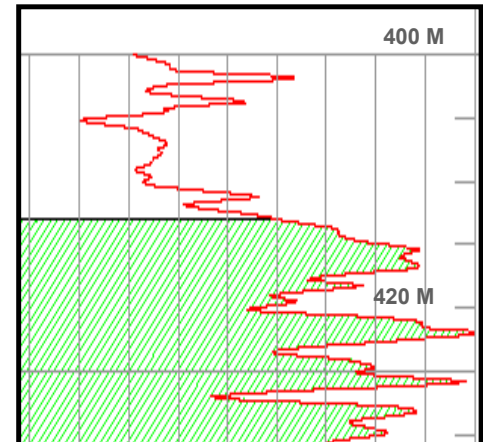
Para identificar e diferenciar camadas com potássio e outros sais são necessários no mínimo os seguintes perfis: Gama, Neutrão, Densidade, Sônico, Caliper. Dados obtidos com estes perfis: Profundidade e espessura do intervalo mineralizado com estimativa preliminar de teor.

A ausência de alguns destes perfis poderá comprometer a qualidade da avaliação do intervalo de interesse, com silvinita e carnalito .

O perfil gama tem que ser correlacionado com outros perfis.

Perfil gama : 0° API

0-----150



## Identificação preliminar de alvos - Métodos Geofísicos

### Dados de levantamento geofísico regional:

- **A Gravimetria/Anomalia de Bouguer é um indicador de contorno do depósito com sais, porém não identifica potássio.**
- **A Sísmica 2D e 3D permite caracterizar o arcabouço estrutural do depósito e a presença de zonas com anomalias.**

# Sísmica 2D/3D



- **Freqüentemente os depósitos evaporíticos apresentam zonas de dissolução e ou colapso com as seguintes características:**
  - **Redução da espessura da camada**
  - **Total lixiviação com colapso das camadas sobrejacentes**
- **A caracterização do arcabouço estrutural através da reinterpretação das linhas sísmicas é fundamental para a consolidação de um programa exploratório com os seguintes resultados:**
  - **Os principais refletores no intervalo de interesse,**
  - **Mapas de contorno estrutural do topo ou base de camadas de interesse,**
  - **Mapas de isópacas de seqüência evaporítica,**
  - **Caracterização de áreas anômalas com dissolução e/ou colapso,**
  - **Identificação de falhamentos que possam atravessar a seqüência evaporítica;**
  - **Identificação da presença de intrusivas.**

- **Freqüentemente a locação de poços exploratórios é antecedida por aquisição sísmica ou reprocessamento e interpretação de sísmica realizada anteriormente. Desta maneira evita –se perfuração de poços em zonas de colapso/dissolução.**
- **A interpretação da linha sísmica 2D ou do levantamento sísmico 3D, realizada por geofísico, permite avaliar a continuidade/ integridade estrutural do intervalo de interesse , embora não tenha resolução para identificar a mineralização.**
- **Otimiza – se o planejamento da lavra com exclusão das áreas anômalas e porções do depósito com mergulho de camada acentuado.**

# Desafios no desenvolvimento do depósito



## Fatores críticos para a mineração por solução de silvinita (Poços verticais)

- Espessura da camada mineralizada
- Inclinação da camada
  - > Complicador para a lavra de camadas pouco espessas
- Complexidade estrutural do depósito
- Continuidade lateral da camada e teor
- Presença de carnalita (devido ao magnésio)  
Alta concentração de Mg é um complicador para o processo de mineração por dissolução
- Combinação de pequena espessura com elevada inclinação- Necessidade de reavaliar se deve continuar a pesquisa mineral
- Intercalação com camadas de sulfatos de potássio

## Fatores críticos para a mineração convencional de silvinita

- Profundidades até 1200m
- Necessidade de cobertura de sal acima do teto da lavra
- Presença de aquífero
- Elevados teores de carnalita podem impactar o processo
- Continuidade lateral da camada e teor
- Inclinação da camada

# Potássio

## Fatores de diluição do teor



**Frente de lavra com diluição do teor devido a inclinação da camada**

**Halita**

**Silvinita**

**Contato minério estéril**

10 4 2007

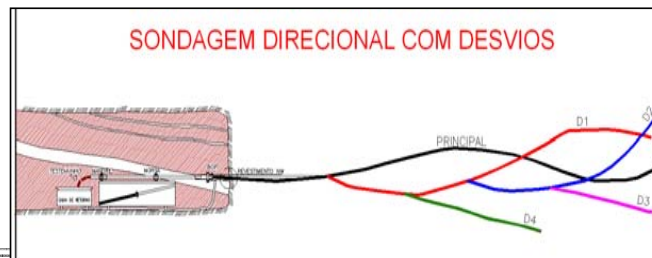
# Desafios no desenvolvimento do depósito



## Definição da malha de sondagem

Após o detalhamento do modelo geológico estrutural com cobertura sísmica e análises de perfis geofísicos.

- O espaçamento inicial é variável, porém entre 500m e 3000m
  - ✓ Depende da continuidade da camada no depósito
- No desenvolvimento da mina Taquari Vassouras a malha da sondagem subterrânea é de 180m para poços com 1000m de avanço horizontal



## Fases do plano de trabalho (Resumo)

- Reavaliação de dados geológicos e geofísicos,
- Sísmica 3D (Reprocessamento de sísmica realizada anteriormente ou aquisição/processamento e interpretação),
  - **Avaliação/ Decisão de prosseguir com a pesquisa mediante estudo conceitual preliminar comparando os dados com outros depósitos**
- Definição da malha de sondagens exploratórias com perfilagem e testemunhagem do intervalo de interesse,

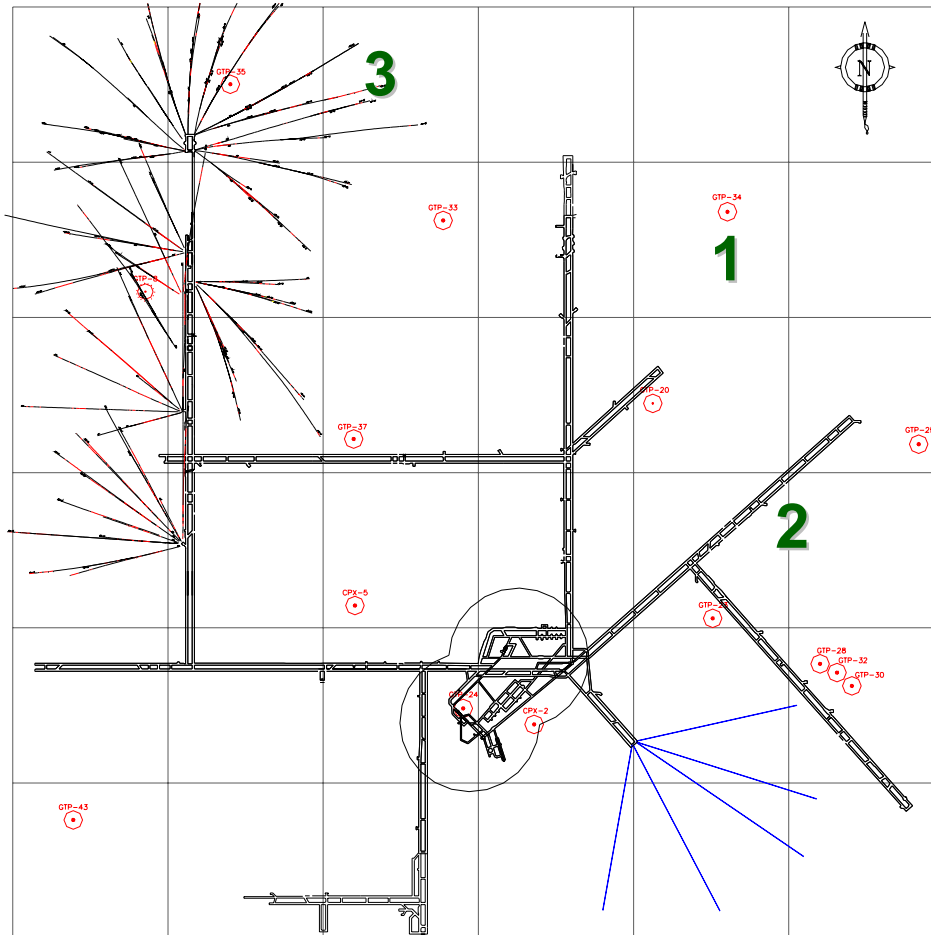
# Desafios no desenvolvimento do depósito



## Fases do plano de trabalho (Resumo)

- Sondagem com testemunhagem no intervalo de interesse:
  - Caracterização química e mineralógica das amostras,
  - Composição química do minério,
  - Geoquímica de Bromo
- Ensaios de mecânica de rochas/ Estudo geotécnico conceitual,
- Testes de dissolução,
- Cálculo de recursos.
- Nova etapa de sondagem (se necessário)
- Estudo conceitual
- Planta piloto( se for mineração por dissolução)

# Sequência de pesquisa no desenvolvimento de uma mina subterrânea



**1- Poços verticais**

**2- Galerias de desenvolvimento**

**3- Sondagens subterrâneas**

# Testemunho de sondagem horizontal



# Referências



CARVALHO, A. L. P.; ALVES, E.; PÁDUA, A. C. Geology of the Taquari Vassouras Potash Mine Sergipe State, Brazil. SME ANNUAL MEETING, 1995. Preprint n. 95-177, p. 5.

CERQUEIRA, R. M.; CHAVES, A.P V;PESSOA, A .C.;MONTEIRO,J.L A.PEREIRA, J.C; . WANDERLEY,M.L. Jazida de potássio de Taquari Vassouras (SE). In: Schobbenhaus C, Queiroz E.T, Coelho C.E.S. Principais Depósitos Minerais do Brasil - 1997.Brasília,DNPM/CPRM,v.IV-C-p277-311.

CERQUEIRA, R. M.; PEREIRA, J.C; . PESSOA, A F.C. Jazida de potássio de Santa Rosa de Lima (SE). Geologia e avaliação de reservas. In:Congresso Brasileiro de Geologia, 1986 - Anais.Goiânia,SBG,5:2168-2181.

RUITER, P.A.C. The Gabon and Congo Salt Deposits. Economic Geology 1979, v 74, 419-431.

SCHULTZ, H.; BAUER, G.; HAGEDORN F.;SCHMITTINGR, P. Potassium Compounds – In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. VCH 1993, Vol A-22, p. 39 -103.

SZATMARI, P., CARVALHO ,R. S., SIMÕES.I. A. A comparison of evaporite facies in the Late Paleozoic Amazon and the Middle Cretaceous South Atlantic Salt Basins. Economic Geology – 1979 , v74:432-447.