XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
XXI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS
06 a 08 de Novembro de 2018 | Campinas - SP

Fenágua 2018
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

MINERAÇÃO E ÁGUA SUBTERRÂNEA: TORNANDO PROBLEMAS COM AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM SOLUÇÕES

O ambiente cárstico

O carste é um ambiente geológico caracterizado pela dissolução química (corrosão) das rochas, com uma série de características físicas próprias, predominantemente em terrenos carbonáticos.

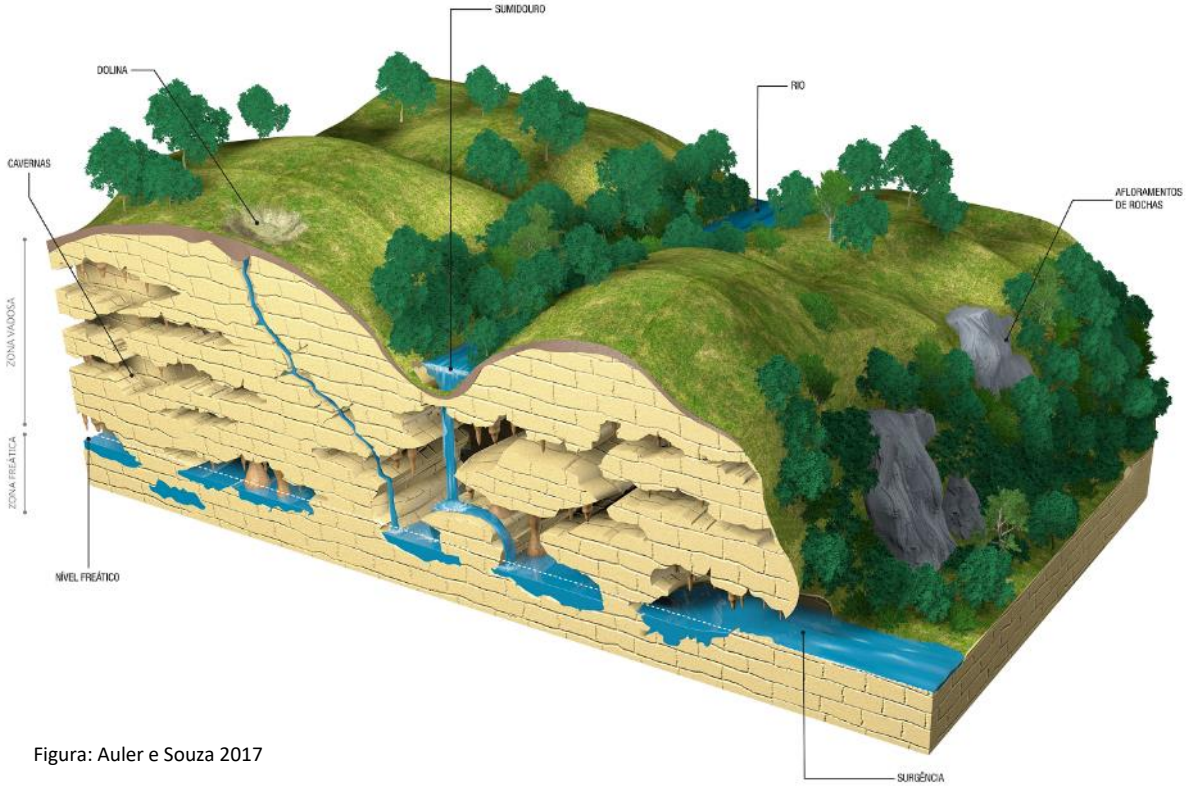
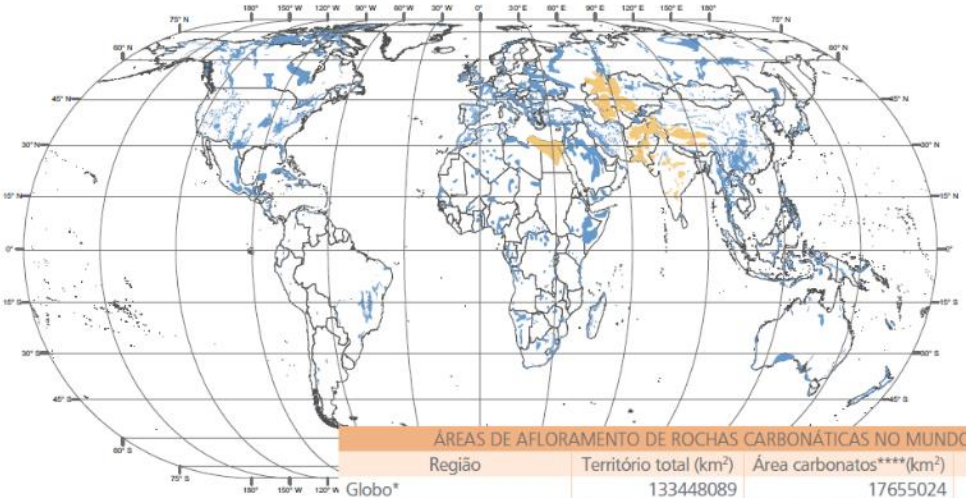


Figura: Auler e Souza 2017

Dentre as principais características do ambiente cárstico estão:

- **Vazios naturais** presentes na rocha, fruto da **dissolução** do carbonato ao longo do tempo geológico. Presença de **cavidades e cavernas**
- Alto potencial de **armazenamento** de água no subsolo.
- Diferentes graus de **heterogeneidade e anisotropia** espacial dos vazios.
- **Rápida conexão** de água de superfície com o subsolo.
- Geomorfologia própria; formação natural de **abatimentos de solo**.

Regiões Cársticas



ÁREAS DE AFLORAMENTO DE ROCHAS CARBONÁTICAS NO MUNDO			
Região	Território total (km²)	Área carbonatos****(km²)	Percentual
Globo*	133448089	17655024	13,2
Rússia	20649781	39936339	19,3
América do Sul	17792882	370809	2,1
África	30001574	3041664	10,1
América do Norte**	22229293	4076077	18,3
Ásia Sul e Sudeste	15638629	1688219	10,8
Ásia Central e Oriente Médio	11129677	2554380	23,0
Europa***	6125842	1337635	21,8
Australásia	9611377	592601	6,2

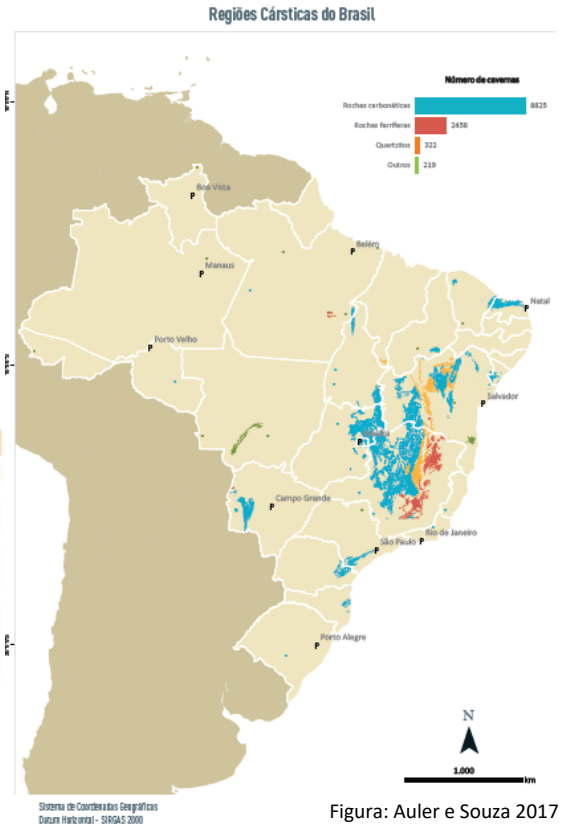


Figura: Auler e Souza 2017

Mineração X Riscos no carste

Em função da complexidade do sistema cárstico, o desenvolvimento de túneis no subsolo pode ser afetados por fatores de risco ausentes em outros ambientes geológicos.

Os principais riscos naturais da mineração no carste são:

- Alagamento da mina (mina subterrânea ou a céu aberto)
    a. Chuvas intensas
    b. Transbordos ou conexões com cursos de água
    c. Surgências inesperadas
- Fluxo de lama no interior da mina
- Potencialização de dolinas e movimentos de solo
- Surgimento de trincas e recalques nos solos e nas edificações

Como conviver com os riscos?

XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
XXI ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS
06 a 08 de Novembro de 2018 | Campinas - SP
Fenágua 2018
FEIRA NACIONAL DA ÁGUA

Para se ter uma operação segura no ambiente cárstico, são necessárias ações de prevenção e controle específicas.

- ❑ Entendimento do sistema cárstico em que a mina se encontra
  - Mapeamentos geológicos
  - Mapeamentos geofísicos
  - Mapeamentos estruturais
  - Traçadores
  - Sondagens (regional e detalhe)
  - Manejo de drenagens e fontes de infiltração
- ❑ Monitoramento adequado de todas as variáveis hidrogeológicas
  - Níveis de água
  - Fluxos superficiais e subterrâneos
  - Chuva e recarga
- ❑ Sistemas de controle adequado
  - Bombeamento
  - Desaguamento lento
  - Impermeabilização (cimento/poliuretano)

O caso da África do Sul

- Problemas com minas subterrâneas de ouro no carste já na década de 50.
- Apoio governamental na busca por soluções.
- **Mapeamento e gerenciamento das áreas de risco**
- Sucesso em ações de prevenção e controle

STATE ACTS IN SINKHOLE

Emergency team for Far West Rand

By Staff Reporters

A TEAM of top Government geologists was sent to the Far West Rand today by the Minister of Mines, Mr. Haak, to make an on-the-spot examination of the latest sinkhole threat which is menacing buildings and disrupting traffic.

The geologists, lead by Dr. F. J. Enslin, of the Department of Geological Survey, have been asked to make an urgent and full report to the Minister.

A spokesman for Mr. Haak said in Pretoria today that a full statement on the warning situation would probably be made on Monday after the Minister had studied the report.

The geologists have been asked to report on the sinkhole situation on the Far West Rand and not to confine themselves only to the cracks and sinkholes which have developed over the Blyvoorutsig area.

After receiving their report, Mr. Haak is expected to make a statement announcing what immediate action the Government plans to take to help the fears of residents in the area.

Mr. Ernest Lewis, the chairman and, by a representation of the Far West Rand Domestic Water Association, the special body formed in August to found a permanent solution to land water away from Blyvoorutsig.

Heavy rains of the past week have caused a great deal of rumbling in the sinkhole areas. Water is standing all over. Sinkholes are cracks all over the area.

Danger signs

O caso Lisheen

- Mina de chumbo e zinco na Irlanda
- Inicialmente tratando as fraturas com água apenas com impermeabilização
- A interceptação de uma feição maior ocasionou a inundação da mina
- Um sistema de bombeamento mais robusto foi necessário para o desaguamento.
- Atualmente exaurida, nível de água retornado ao original.

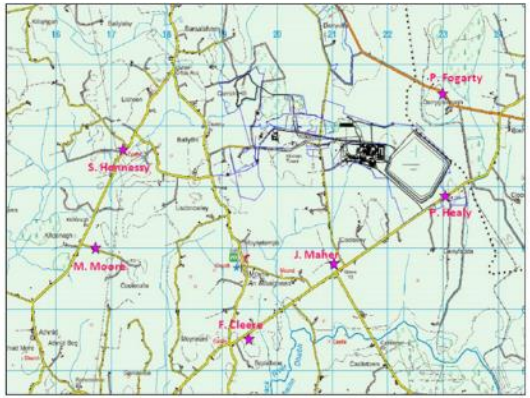


Figura: Lisheen Mine Closure, Restoration and Aftercare Management Plan 2016

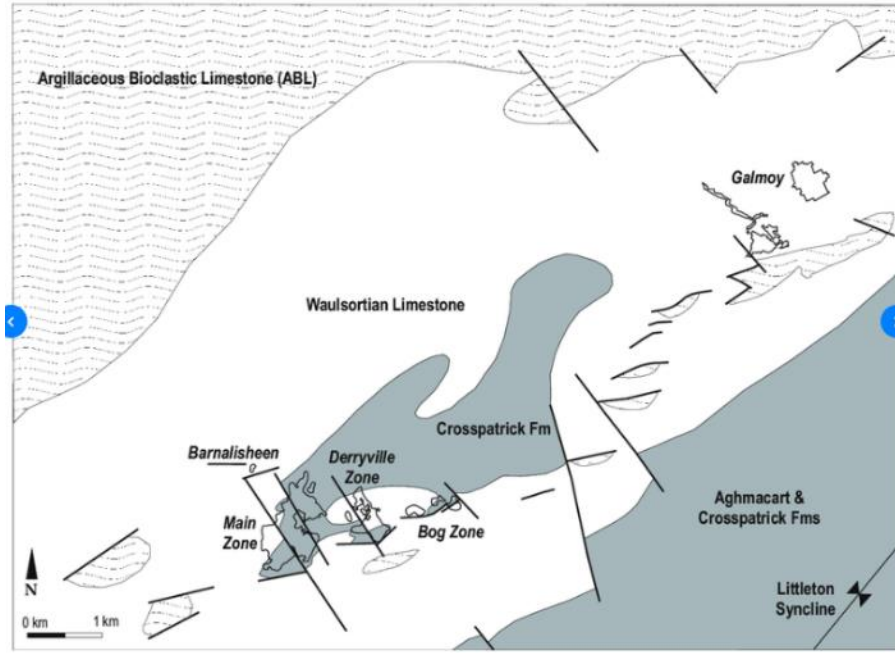
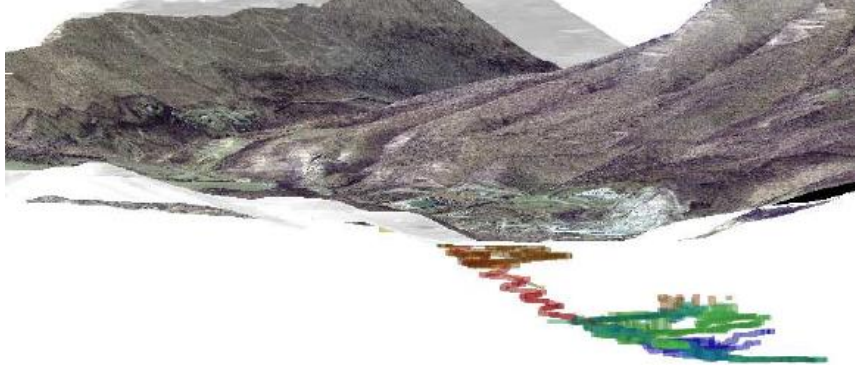


Figura: Mapa geológico regional da área de Lisheen.

O caso Kimballton

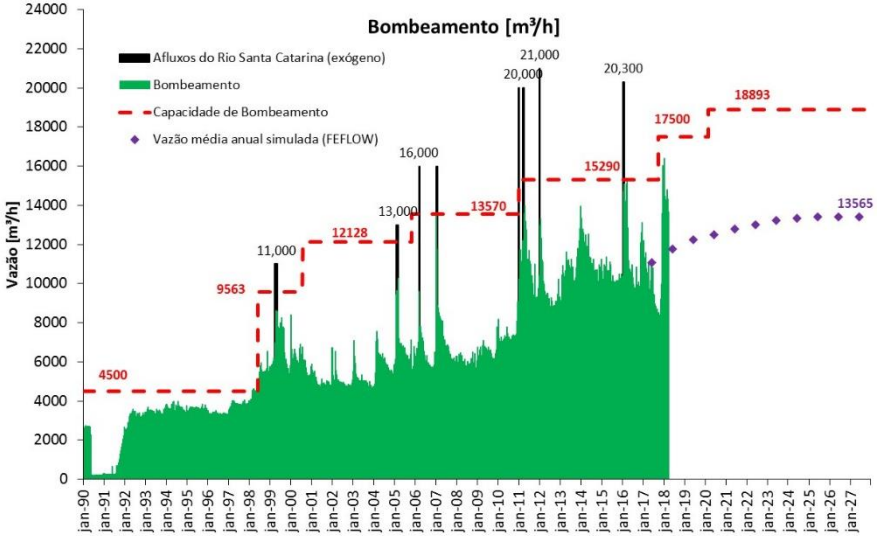
- Minas subterrânea de calcário no estado da Virgínia.
- Feições discretas com drenagem do maciço por mais de 40 anos
- Altas vazões e velocidades de fluxo nas feições
- **Sucesso no selagem de feições por meio do uso de poliuretano** (2 a 3 segundos de reação)
- Atualmente parcialmente inundada em função da interceptação de uma estrutura no nível inferior.

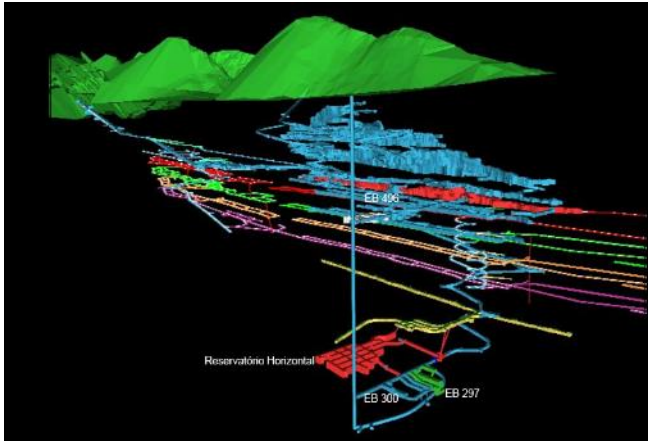


Karstic Aquifer, VA. 6,000 GPM For 25 Years Before Karstic Aquifer, Va. 0 GPM, 4 Shifts After

O caso Vazante

- Mina com subterrânea com maior vazão no país (~10.000m³/h/ano)
- Maciço dolomítico altamente carstificado, heterogêneo, anisotrópico.
- Desafios no desenvolvimento da mina
- Forte monitoramento da influência sobre o aquífero
- Sistema de bombeamento robusto





Capacidade Total: ~19.000 m³/h (efetiva)

O caso Vazante

- Disponibilização da água do bombeamento em superfície.

Condicionante de portarias de outorga à jusante do empreendimento

5. Este processo está vinculado à Portaria de Outorga nº 1672/2013 do empreendedor **Votorantim Metais Zinco S.A**. com vencimento em 18/07/2019. Esta Portaria trata-se de um lançamento no Rio Santa Catarina, nas coordenadas 17º58'16,53"/46º48'43,37", de uma vazão de 2,78 m^3/s referente à rebaixamento de lençol freático. Havendo qualquer alteração nas condi- ções da Portaria nº 1672/2013, a disponibilidade hídrica desse processo deverá ser revista

Conclusões

- A mineração em áreas cársticas requer cuidados especiais, em função da características geológicas naturais que devem ser respeitadas.
- O correto gerenciamento da área minerada propicia soluções técnicas efetivas e permite a mineração com segurança.