



Remediação da drenagem ácida da mina de Urânio Osamu Utsumi (MG) com biocarvões em barreira reativa permeável em laboratório

Camila de Campos Souza - IG/UNICAMP

Aline Renee Coscione - IAC

Heber Luiz Caponi Alberti - LAPOC/CNEN

Rodrigo Leandro Bonifacio - LAPOC/CNEN

Ricardo Perobelli Borba - IG/UNICAMP

Belo Horizonte, 24 de Novembro de 2021





1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

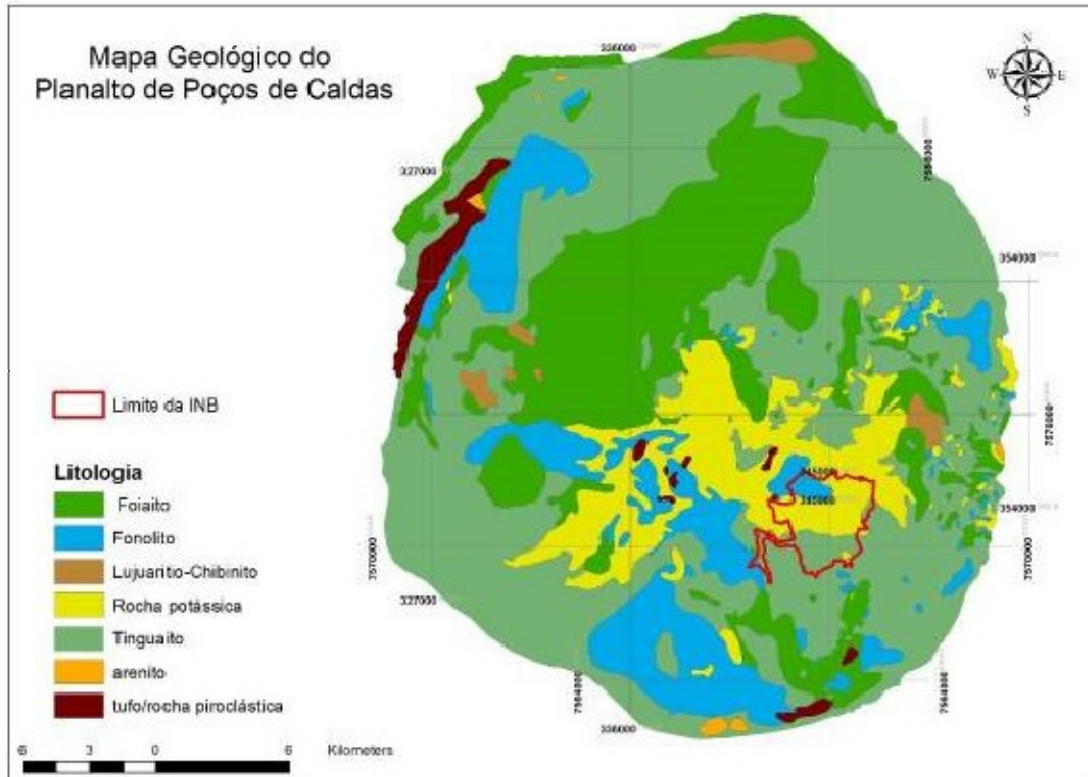
- **A mina Osamu Utsami**

- INB, Município de Caldas (MG)
- Exploração de Urânio – Lavra a céu aberto - início em 1982 – término 1996
- Situação atual: descomissionamento





1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



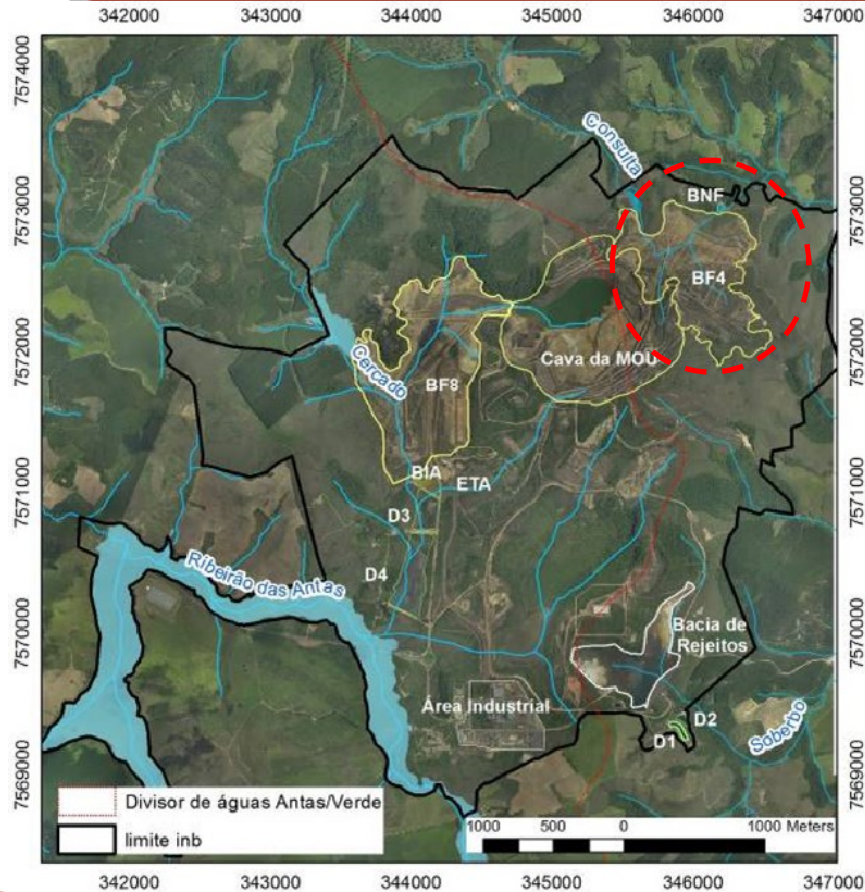
Mina Osamu Utsumi

Suíte Alcalina de Poços de Caldas – fonólitos
(feldspato potássico,
sericita, **pirita**, fluorita,
minerais de urânio
(processos hidrotermais))

Fonte: Caponi, 2016



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



Visão geral do complexo industrial da INB/Caldas.
Em destaque a pilha de estéril BF4 e a bacia Nestor Figueiredo (BNF) de contenção da DAM do BF4.

Fonte: Caponi, 2016



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

Mina Osamu Utsumi



Fonte: Caponi, 2016



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

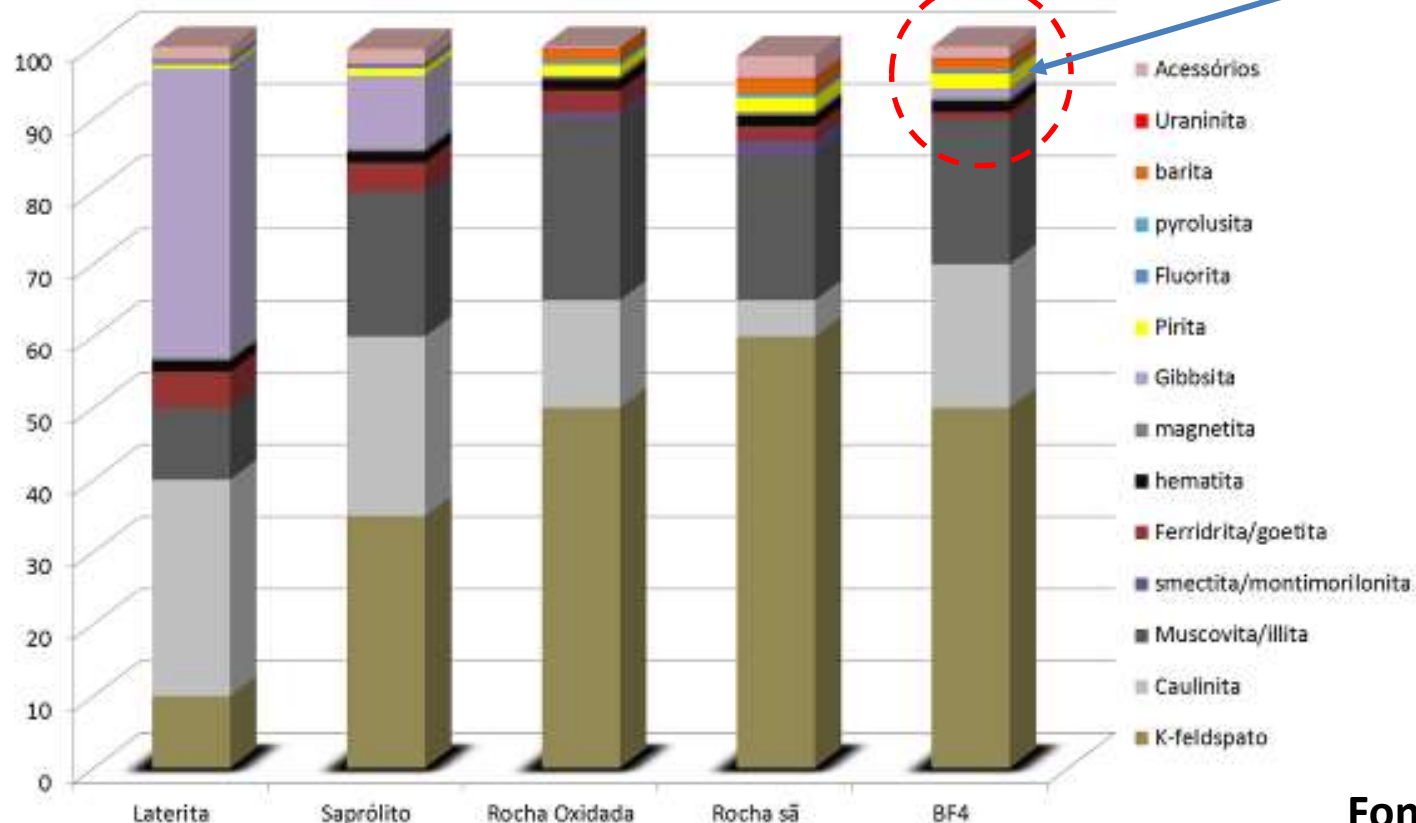
Mina Osamu Utsumi



Fonte: Caponi, 2016



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESSO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA



Pirita no BF4

Composição mineralógica das rochas da Mina Osamu Utsumi

Fonte: Caponi, 2016



- No período de operação da mina foram **removidas $94,5 \times 10^6$ toneladas de rocha**, sendo que **apenas 2%** deste material foram enviados para **processamento**
- **2.395.820 ton de rejeitos contendo pirita** depositados em pilhas de estéreis denominados **bota-foras-BF**.
- O principal BF, sob ponto de vista da proteção do meio ambiente é o BF4
- Ocupa 56,9 ha e contém **12,4 milhões m^3 de estéril**, com altura de talude de 90 metros
- Vazão mensal média de $80.000m^3/mês = \mathbf{DAM}$



Objetivo

Qual é a capacidade dos biocarvões de casca de eucalipto e de bagaço de cana em neutralizar a DAM e reter elementos?



Porque testar o biocarvão na remediação?

- Alto índice de carbono e capacidade de troca de cátions
- Porosidade Elevada
- Capacidade de retenção de elementos





- **Obtenção dos biocarvões (BC) de casca de eucalipto e bagaço de cana**
 - Empresa Bioware
 - Matriz: Casca de Eucalipto e Bagaço de Cana
 - **Secagem – umidade de 15%**
 - Cominuição do material – **1,2 mm**
 - Pirólise em reator de leito fluidizado (**470° – 500°C**) – O₂ controlado
 - Subprodutos: bio-óleo e extrato ácido

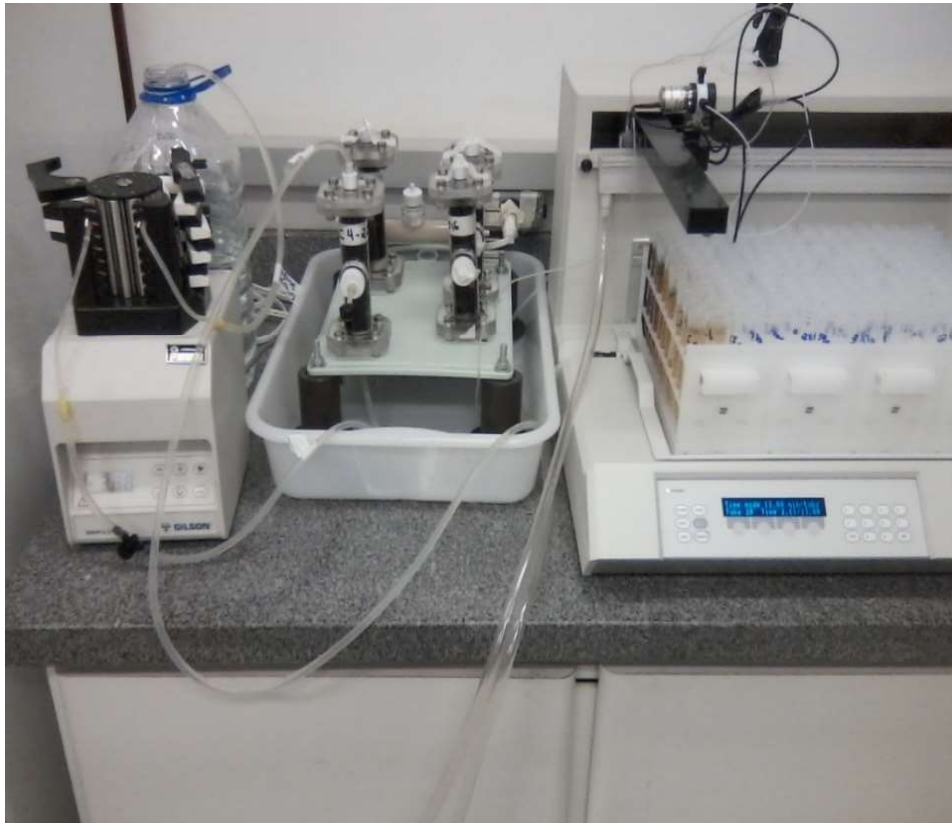




- **Ensaio de lixiviação de colunas**

- Materiais reativos: **BC Eucalipto, BC Cana**
- Topo e base de areia + recheio com 5 g de biocarvão (cana ou eucalipto)
- Volume de poros ~22 mL





- **Ensaio de colunas de lixiviação**

- Fluxo: 1 ml/min
- Amostragem (volume de poro)
- 1 volume de poros = 22 mL

EM MÉDIA:

Amostragem: 11 min/tubo

VP lixiviado = 56 VP (1,35 L)

Duração média dos experimentos:
cerca de 20 hs por coluna



Soluções amostradas

- Filtradas (filtro de 0,45 μm)
- Separação das amostras para as análises químicas (acidificadas com 200 μL de ácido nítrico)
- Determinação dos parâmetros físico químicos pH, Eh e condutividade
- DAM e soluções: composição química determinada por ICP–OES (IAC) e ICP–MS (CNEN; U e Th)

Biocarvão

- Extração parcial com o método EPA 3051a



Resultados

- **DAM**

- **As e Mn:** concentração acima do permitido (CONAMA 430/2011 – padrões de lançamento de efluentes **As: 0,5 mg/L; Mn = 1 mg/L; sem dados para urânio e tório)**
- **pH: 3,77** – ausência de Fe (precipitado)
- **U – 4,56 mg/L e Th = 0,1 mg/L**

	mg/L								
DAM	Al	As	Ca	K	Mg	Mn	Na	Se	Zn
Média	122,3	0,90	89,37	10,1	6,6	67,3	3,8	0,05	13,3
Desvio padrão	1,8	0,05	18,05	0,6	0,2	21,7	0,5	0,06	0,3



Balanço de Massa - BC Eucalipto

Massas	Al	As	Ca	K	Mg	Mn	Na	Zn	U
Adicionada DAM (mg)	208,0	1,5	151,9	17,3	11,3	114,5	6,4	22,6	7,9
Percolada (mg)	219,2	1,3	217,1	41,2	11,3	148,7	7,8	18,4	2,9
retida	-11,2	0,2	-65,2	-23,9	0,0	-34,2	-1,4	4,1	5,0
% retida	-5,4	14,5	-43	-139	-0,4	-29,9	-22	18,4	63,1
Teores nas Cinzas (mg/kg)	367	4.3	6446	41187	2987	121	288	56	0

Th = todas as medidas após o tratamento se mostraram abaixo dos limites de detecção do equipamento = 100% de retenção



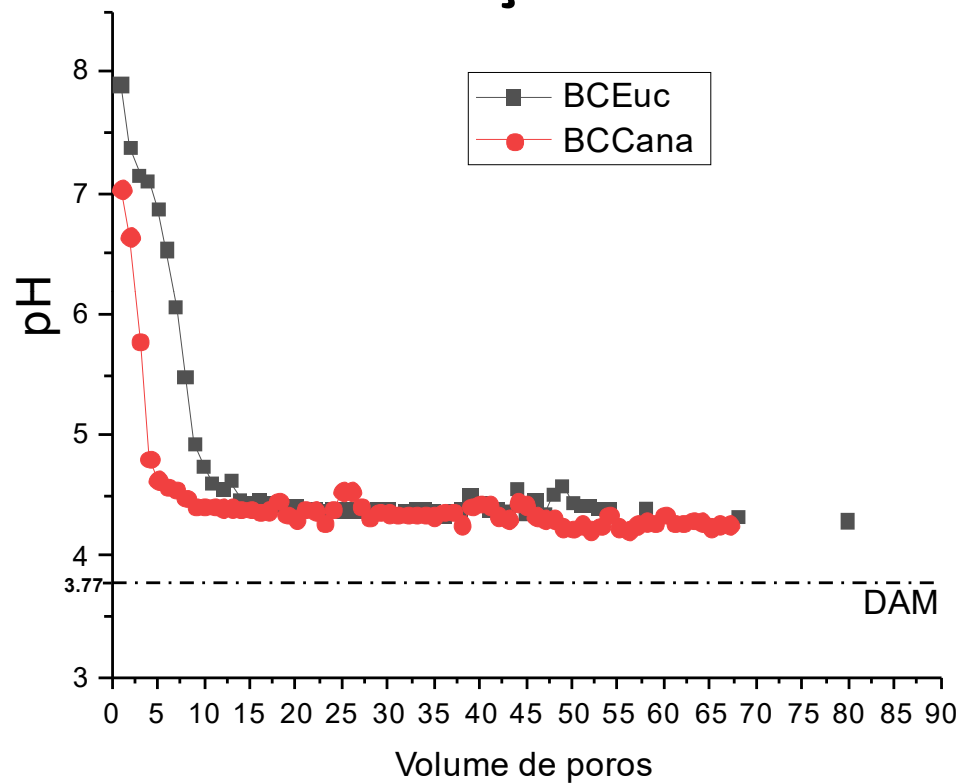
Balanço de Massa - BC Cana

Massas	Al	As	Ca	K	Mg	Mn	Na	Zn	U
Adicionada DAM (mg)	183,3	1,4	133,9	15,2	9,9	100,9	5,7	19,9	6,8
Percolada (mg)	202,3	1,2	169,0	37,0	11,0	131,2	6,2	16,8	5,4
retida	-19,0	0,1	-35,1	-21,8	-1,0	-30,3	-0,5	3,1	1,3
% retida	-10,4	10,8	-26,2	-143	-11	-30,1	-9,5	15,5	20,3
Teores nas Cinzas (mg/Kg)	4301	1.3	4477	14433	2033	164	239	104	0

Th = todas as medidas após o tratamento se mostraram abaixo dos limites de detecção do equipamento = 100% de retenção

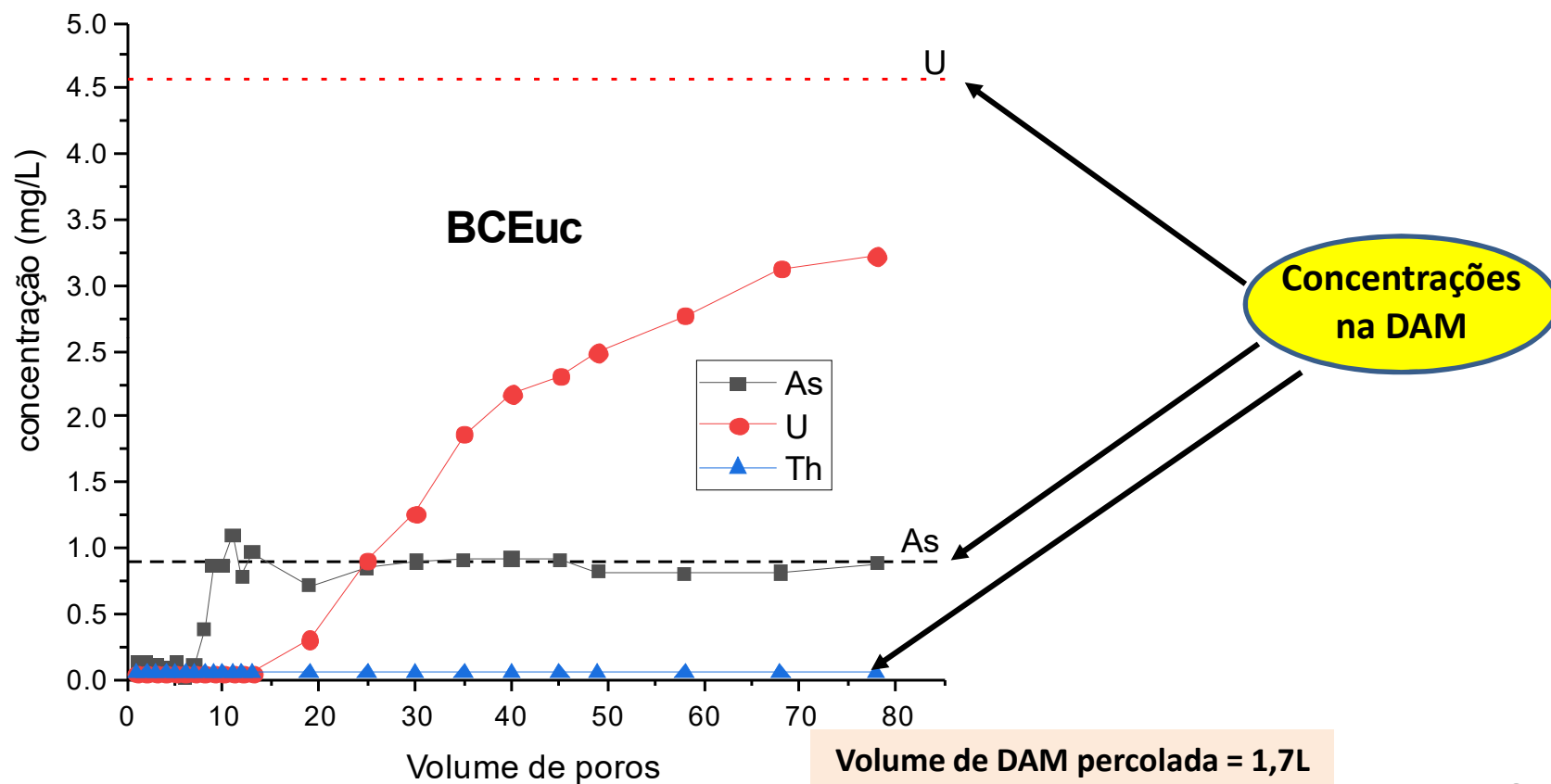


Neutralização da acidez



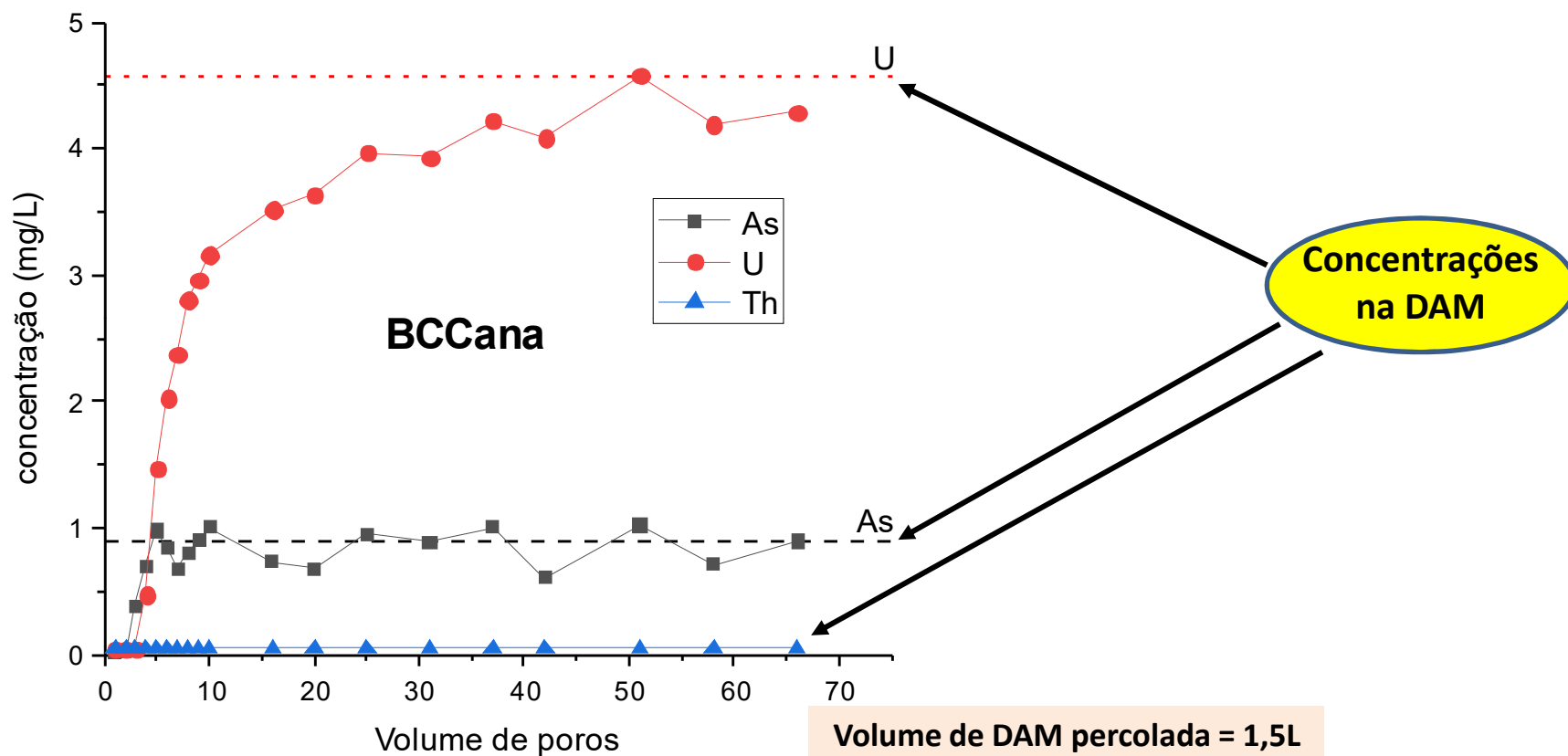


Retenção de U, As e Th





Retenção de U, As e Th





CONCLUSÕES

- capacidade de neutralização do pH dos biocarvões é pequena,
- A capacidade de retenção total do Th, e parcial do U e As indicam um potencial do uso dos biocarvões para a remoção destes íons de soluções.



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

Obrigado!!!