



CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS DA BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA VISANDO A EXTRAÇÃO DE ELEMENTOS TERRAS RARAS

Thiago Fernandes de Aquino, Dr. Eng.
Vanessa Olivo Viola
Beatriz Bonetti





SATC

EDUCAÇÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

**HÁ MAIS DE 60 ANOS, TRANSFORMANDO
PESSOAS E ORGANIZAÇÕES**

por meio da educação e tecnologias inovadoras, contribuindo
para um crescimento sustentável.



SATC

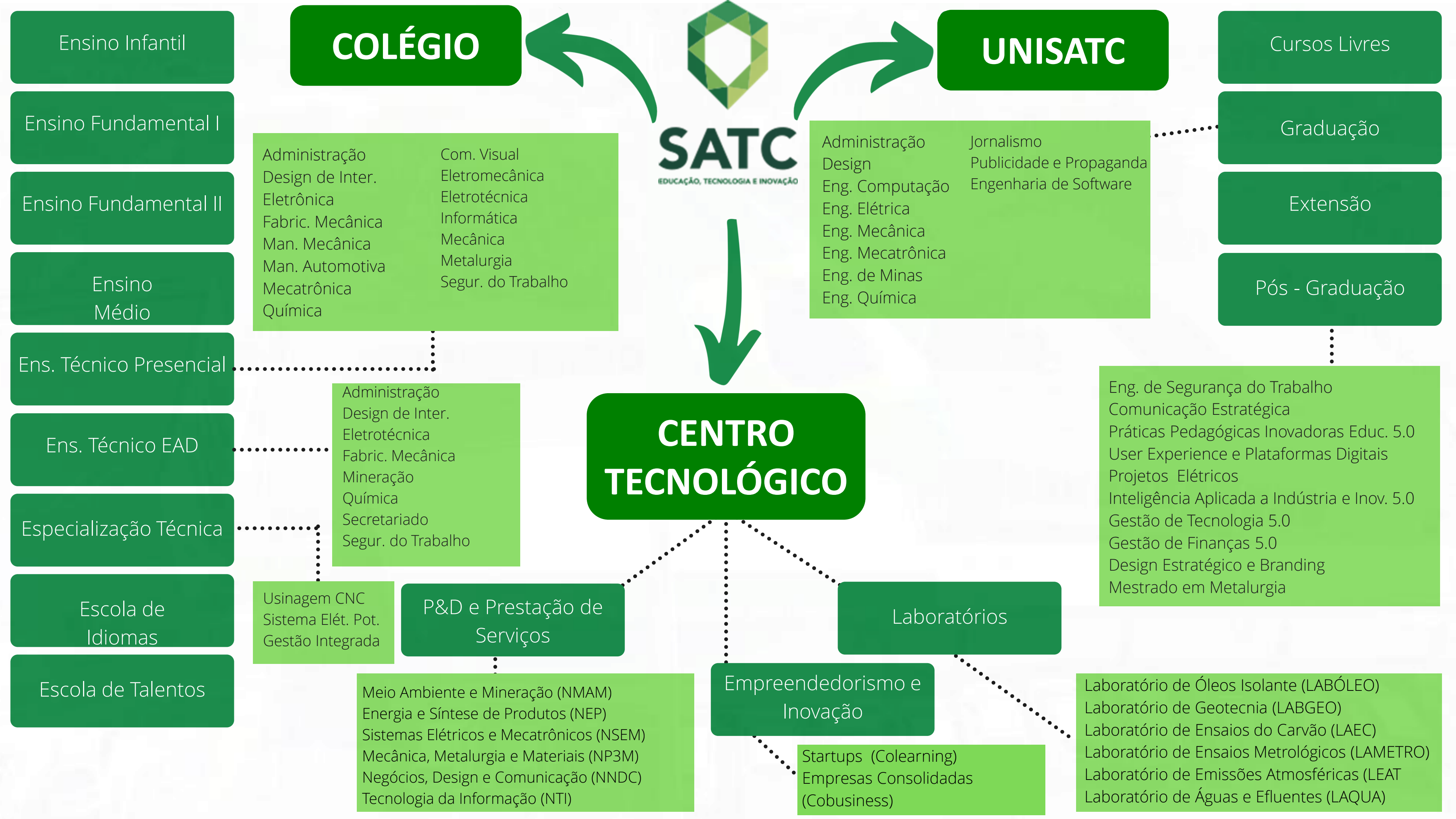
```
graph TD; SATC --> EDUCACAO[EDUCAÇÃO]; SATC --> NEGOCIOS[NEGÓCIOS]; EDUCACAO --> COLEGIO[COLÉGIO]; EDUCACAO --> UNISATC[UNISATC]; NEGOCIOS --> CENTRO[CENTRO TECNOLÓGICO];
```

EDUCAÇÃO

NEGÓCIOS

COLÉGIO — UNISATC

CENTRO TECNOLÓGICO



COLÉGIO

UNISATC



- Administração
- Design de Inter.
- Eletrônica
- Fabric. Mecânica
- Man. Mecânica
- Man. Automotiva
- Mecatrônica
- Química
- Com. Visual
- Eletromecânica
- Eletrotécnica
- Informática
- Mecânica
- Metalurgia
- Segur. do Trabalho

- Administração
- Design
- Eng. Computação
- Eng. Elétrica
- Eng. Mecânica
- Eng. Mecatrônica
- Eng. de Minas
- Eng. Química
- Jornalismo
- Publicidade e Propaganda
- Engenharia de Software

- Cursos Livres
- Graduação
- Extensão
- Pós - Graduação

CENTRO TECNOLÓGICO

- Ensino Infantil
- Ensino Fundamental I
- Ensino Fundamental II
- Ensino Médio
- Ens. Técnico Presencial
- Ens. Técnico EAD
- Especialização Técnica
- Escola de Idiomas
- Escola de Talentos

- Administração
- Design de Inter.
- Eletrotécnica
- Fabric. Mecânica
- Mineração
- Química
- Secretariado
- Segur. do Trabalho

- Usinagem CNC
- Sistema Elét. Pot.
- Gestão Integrada

P&D e Prestação de Serviços

- Meio Ambiente e Mineração (NMAM)
- Energia e Síntese de Produtos (NEP)
- Sistemas Elétricos e Mecatrônicos (NSEM)
- Mecânica, Metalurgia e Materiais (NP3M)
- Negócios, Design e Comunicação (NNDC)
- Tecnologia da Informação (NTI)

Laboratórios

- Eng. de Segurança do Trabalho
- Comunicação Estratégica
- Práticas Pedagógicas Inovadoras Educ. 5.0
- User Experience e Plataformas Digitais
- Projetos Elétricos
- Inteligência Aplicada a Indústria e Inov. 5.0
- Gestão de Tecnologia 5.0
- Gestão de Finanças 5.0
- Design Estratégico e Branding
- Mestrado em Metalurgia

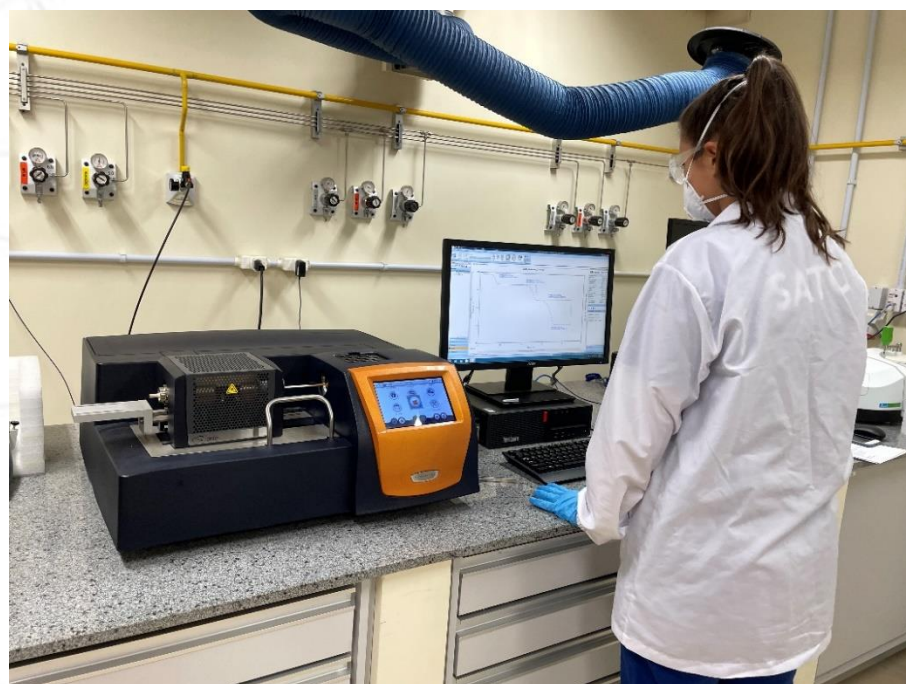
Empreendedorismo e Inovação

- Startups (Colearning)
- Empresas Consolidadas (Cobusiness)

- Laboratório de Óleos Isolante (LABÓLEO)
- Laboratório de Geotecnia (LABGEO)
- Laboratório de Ensaio do Carvão (LAEC)
- Laboratório de Ensaio Metrológicos (LAMETRO)
- Laboratório de Emissões Atmosféricas (LEAT)
- Laboratório de Águas e Efluentes (LAQUA)

NÚCLEO DE ENERGIA E SÍNTESE DE PRODUTOS (NEP/CTSATC)

O Núcleo de Energia e desenvolvimento de produtos (NEP) é um setor do Centro Tecnológico SATC que atua em atividades de P&D e prestação de serviços voltados aos mais diversos setores industriais. Dentre eles estão principalmente os setores que envolvem processos de conversão energética como combustão/gaseificação/pirólise de combustíveis sólidos e síntese de produtos a partir de resíduos industriais com foco na agregação de valor e inserção no mercado.



EQUIPE

Equipe multidisciplinar formada por graduados e pós-graduados em engenharia química, ambiental, mecânica, de materiais e mecatrônica. Profissionais com alto grau de formação e experiência no desenvolvimento de processos e produtos em escala piloto e industrial.

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM PROTÓTIPO DE PEQUENA ESCALA

Avaliação econômica preliminar e estimativa de payback para justificar o investimento em uma PP



Busca por recursos: órgãos de fomento, fundações de incentivo à P&D, programas de P&D ou recursos próprios



DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS EM ESCALA PILOTO

MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE PLANTAS PILOTOS



CAPTURA DE CO₂



**SULFITOS A PARTIR DE
CONCENTRADO PIRITOSO**



SÍNTESE DE ZEÓLITAS

PARCERIAS



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Carbonífera Metropolitana S/A.



EXTRAÇÃO DE ELEMENTOS TERRAS RARAS A PARTIR DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINAS VISANDO PRODUÇÃO EM ESCALA PILOTO



fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina

GOVERNO DE
**SANTA
CATARINA**

SECRETARIA DE ESTADO
DO DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO SUSTENTÁVEL

Duração do Projeto: 24 meses, com início em 12/2022

Valor total do Projeto: R\$ 587.881,76

OBJETIVO GERAL

Recuperação de elementos terras raras (ETR) de drenagem ácida de mina (DAM) oriunda da exploração e beneficiamento do carvão mineral e aplicação em escala piloto.

HISTÓRICO DA REGIÃO

➤ 6 mineradoras.

Produção de carvão ROM em SC:
5.992.758 ton/ano (2022).

Total de áreas mineradas: 6551 ha.

- Áreas mineradas: 3098 ha.
- Áreas de depósito de rejeitos: 3108 ha.
- Áreas de depósito de rejeitos em cava: 345 ha.

➤ Bocas de mina com saída de DAM: 194.

➤ 1241 km de rios impactados.

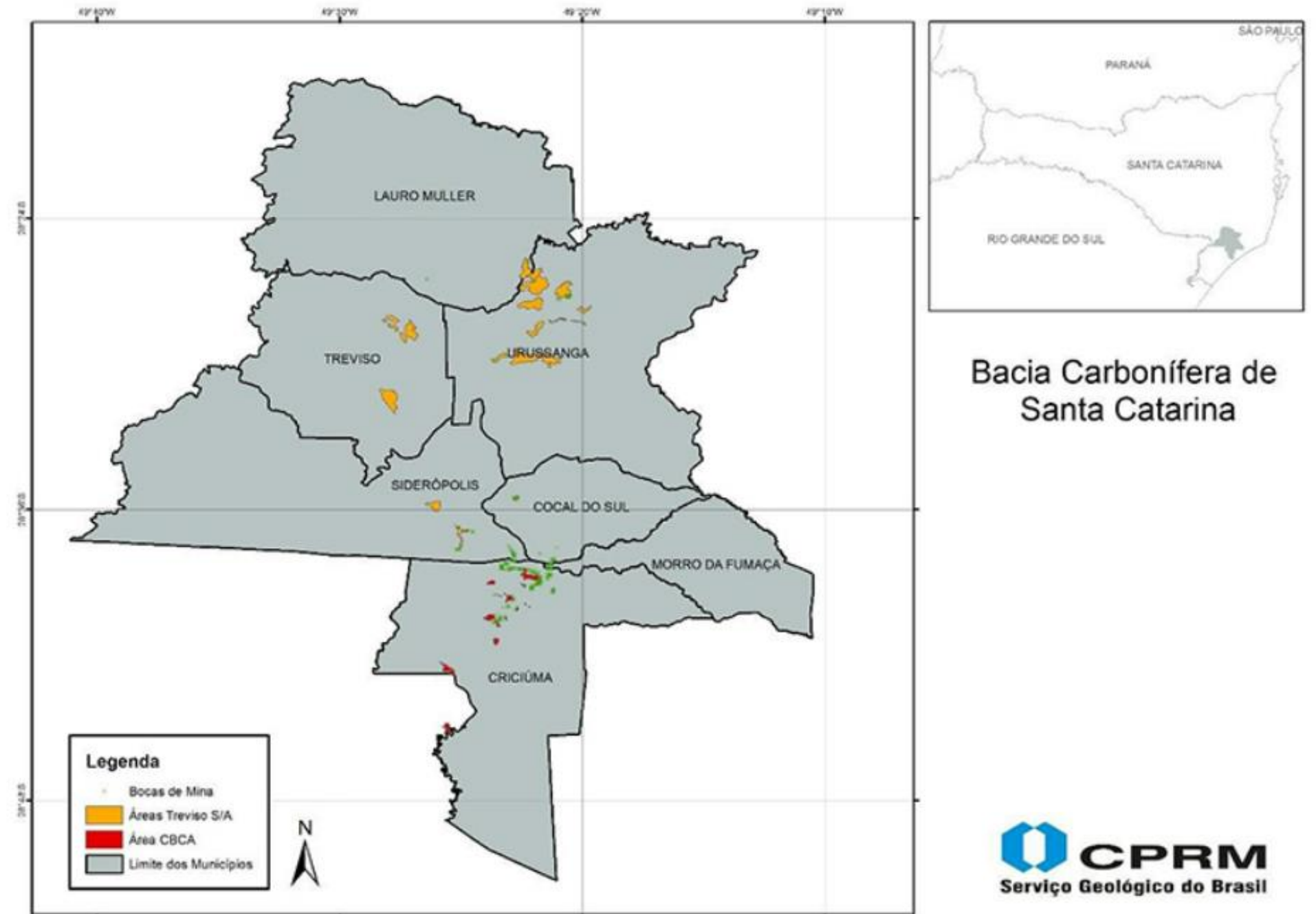
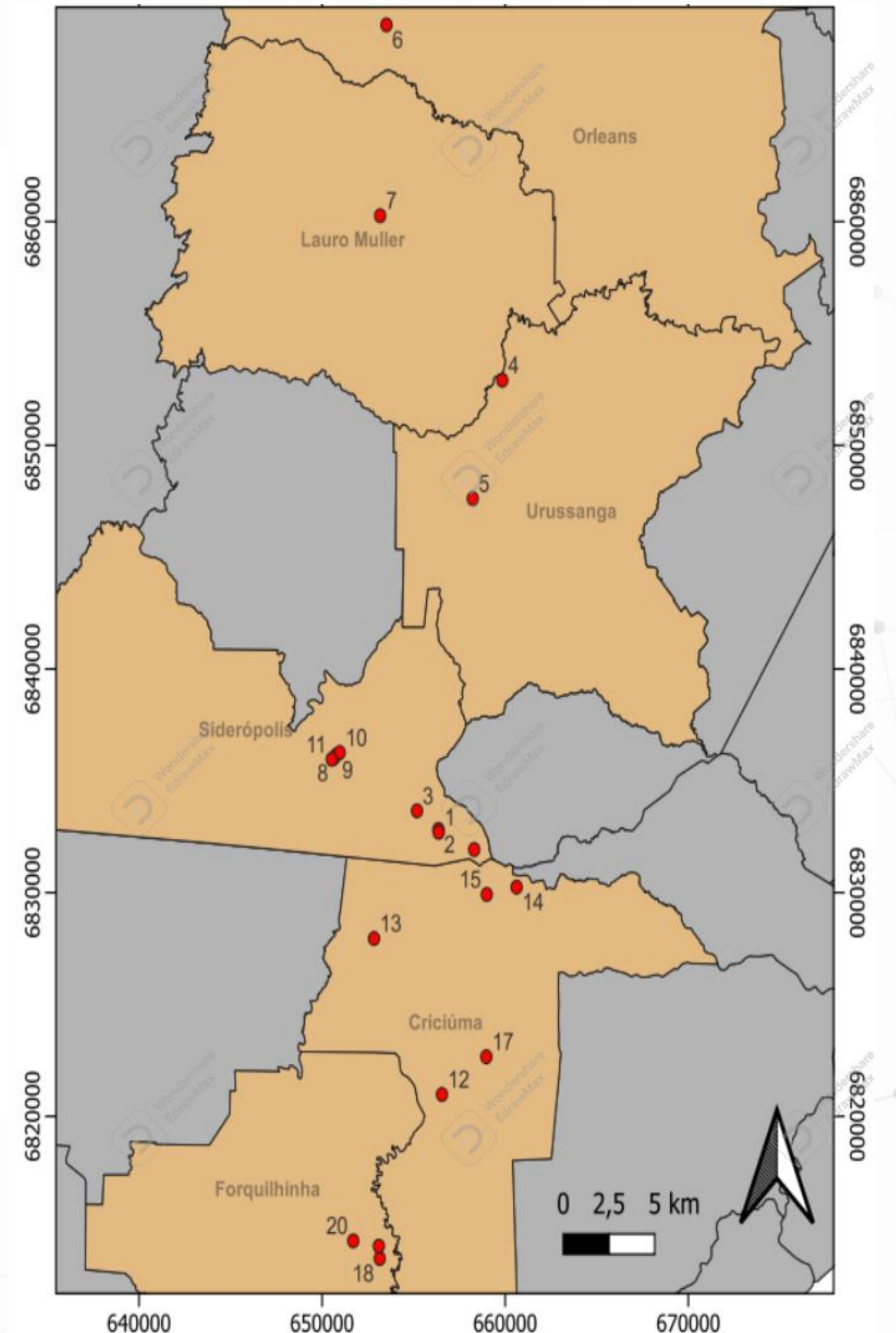


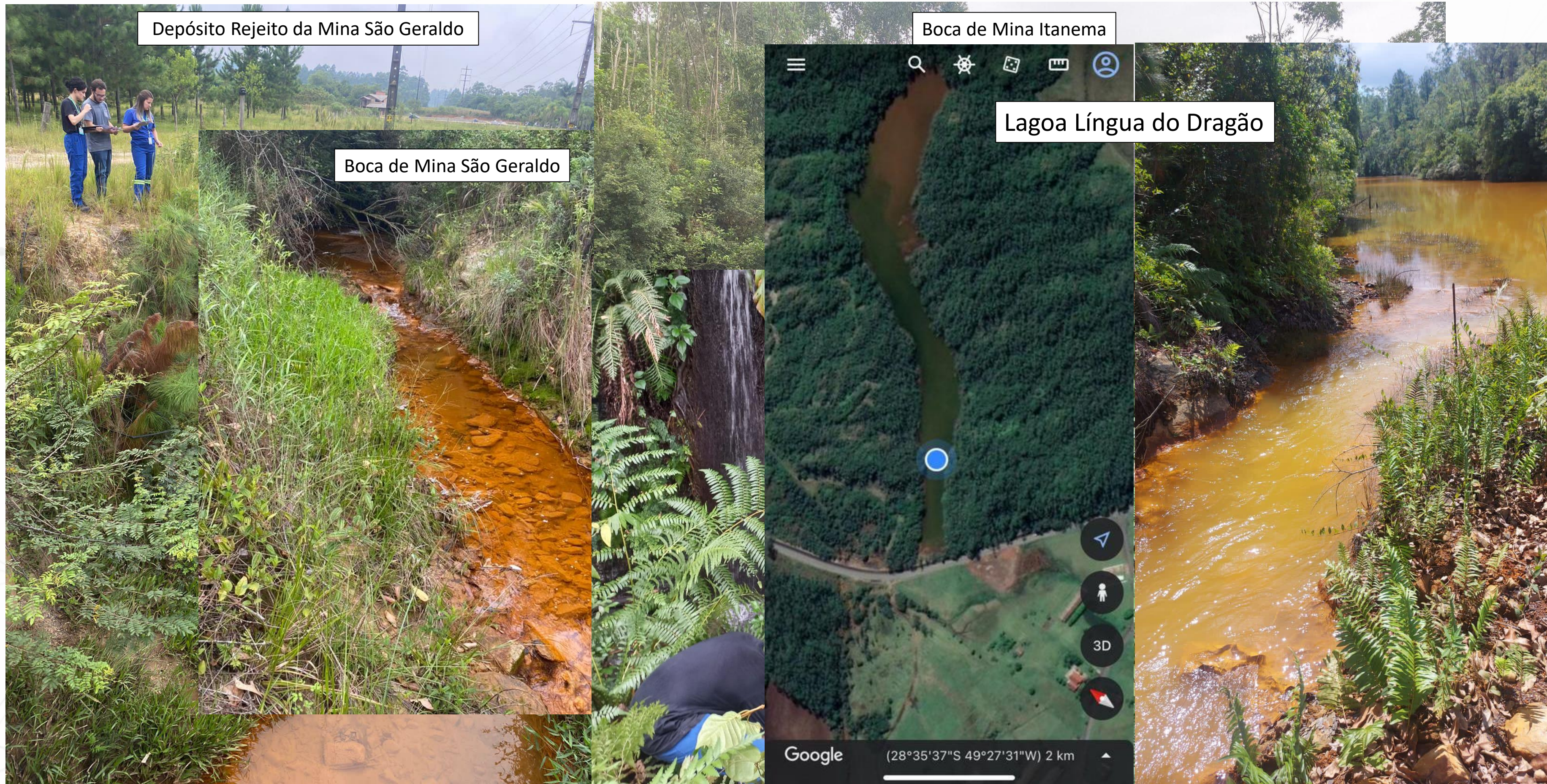
Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Carbonífera de Santa Catarina. Fonte: Acervo Núcleo de Apoio Técnico de Criciúma (NUMA) / SUREG-PA.

Caracterização da Região Carbonífera de Santa Catarina

- Coleta de **20 pontos** da região carbonífera afetados pela drenagem ácida de mina.
- Caracterização *in loco*: vazão, condutividade, temperatura e pH.
- Caracterização química:
 - Metais majoritários DAM bruta e após precipitação: Ca, Si, Al, Fe, Mn, Mg (ICP-OES – Laboratório SATC).
 - Elementos terras raras: 17 elementos (DAM bruta e DAM precipitada) (ICP-MS – Laboratório SGS).



Caracterização da Região Carbonífera de Santa Catarina



Resultados potenciais

Ponto	Fonte	pH	Condutividade (µS/cm)	Vazão (m³/h)	Al (mg/L)	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Si (mg/L)	ETR DAM bruta (mg/L)	Massa precipitado (g)	ETR no precipitado (mg/kg)
1	Depósito Rejeito da Mina São Geraldo	2,71	2905	16,2	202,9	193,4	765,3	51,1	13,9	46,4	1,93	2,02	1272,8
4	Boca de Mina Itanema	2,82	2578	201,6	192,5	168,4	241,8	75,0	29,3	43,9	1,49	1,15	2157,9
7	Boca de Mina Guatá	2,81	1299	1,0	40,0	25,1	329,0	5,4	2,2	17,4	0,71	0,78	1467,9
8	Centro Lagoa Língua do Dragão	2,78	2401	-	68,8	272,8	405,2	67,7	16,5	18,1	0,80	0,95	1136,7
9	Centro Lagoa Língua do Dragão	2,76	2588	-	76,4	271,4	457,8	67,4	17,7	19,0	1,06	1,17	1559,2
10	Centro Lagoa Língua do Dragão	2,78	2864	-	88,5	287,5	539,7	72,2	20,1	22,3	1,04	1,40	1173,3
11	Exutório Lagoa Língua do Dragão	2,81	3064	1227,6	100,1	354,2	674,7	86,9	21,8	19,7	1,14	1,59	1142,7
15	Boca de Mina Rio Tonin	2,83	1265	205,2	38,6	38,5	1265,0	10,5	3,7	17,1	0,30	0,25	1820,2
16	Boca de Mina Monte Ciao	2,75	1724	14,4	43,5	61,7	116,6	19,6	4,6	18,5	0,31	0,35	1120,2

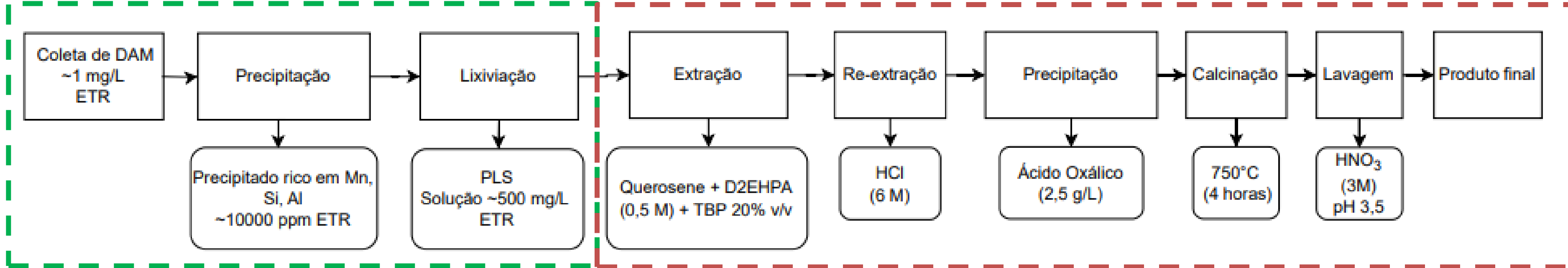
Critérios de exclusão de pontos:

- pH > 4
- Vazão < 14 m³/h;
- Concentração de ETR na DAM bruta < 0,29 mg/L;
- Concentração de ETR no precipitado de DAM < 700 mg/kg;
- Facilidade de acesso ao ponto.

Valores Patente WVU:

- Amostras de DAM com concentração de 0,29 a 2,0 mg/L;
- Concentração de ETR no precipitado ~1163 mg/kg;
- Concentração ETR na solução enriquecida ~49,2 mg/L;

Processamento



Programa West Virginia University:



Avaliação econômica

Parâmetro	Valor
Taxa de alimentação	175 ton/dia com 2% de ETR
Taxa de produção	2 ton/dia de Mix de ETR 90%
Período de operação	20 anos, taxa de desconto de 10%
Preço	147 \$/kg
Percentual de recuperação	59%
Capital	20 milhões de dólares
Operação	54 \$/kg
Valor presente líquido	80 milhões de dólares
Taxa interna de retorno	61%
Payback	1,5 anos em operação



US 20210207241A1

(19) **United States**
 (12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2021/0207241 A1**
ZIEMKIEWICZ et al. (43) **Pub. Date: Jul. 8, 2021**

(54) **SYSTEMS AND PROCESSES FOR RECOVERY OF HIGH-GRADE RARE EARTH CONCENTRATE FROM ACID MINE DRAINAGE**

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
C22B 3/06 (2006.01)
C22B 3/20 (2006.01)
C22B 59/00 (2006.01)
 (52) **U.S. Cl.**
 CPC **C22B 3/065** (2013.01); **C22B 59/00** (2013.01); **C22B 3/20** (2013.01)

(71) Applicant: **West Virginia University, Morgantown, WV (US)**

(72) Inventors: **Paul ZIEMKIEWICZ, Morgantown, WV (US); Aaron NOBLE, Blacksburg, WV (US); Chris VASS, Morgantown, WV (US)**

(57) ABSTRACT

In one aspect, the disclosure relates to a continuous process for treating acid mine drainage while simultaneously recovering a high-grade rare earth concentrate suitable for extraction of commercially valuable rare earth oxides. In a further aspect, the concentrate is from about 0.1% to 5% rare earth elements on a dry weight basis. In another aspect, the disclosure relates to a method for processing the concentrate to generate a pregnant leach solution that does not form gels or emulsions and is suitable for processing via solvent extraction. In another aspect, the disclosure relates to a system and plant for carrying out the disclosed process. In still another aspect, the disclosure relates to a composition containing rare earth elements produced by the process disclosed herein. This abstract is intended as a scanning tool for purposes of searching in the particular art and is not intended to be limiting of the present disclosure.

(21) Appl. No.: **17/115,128**

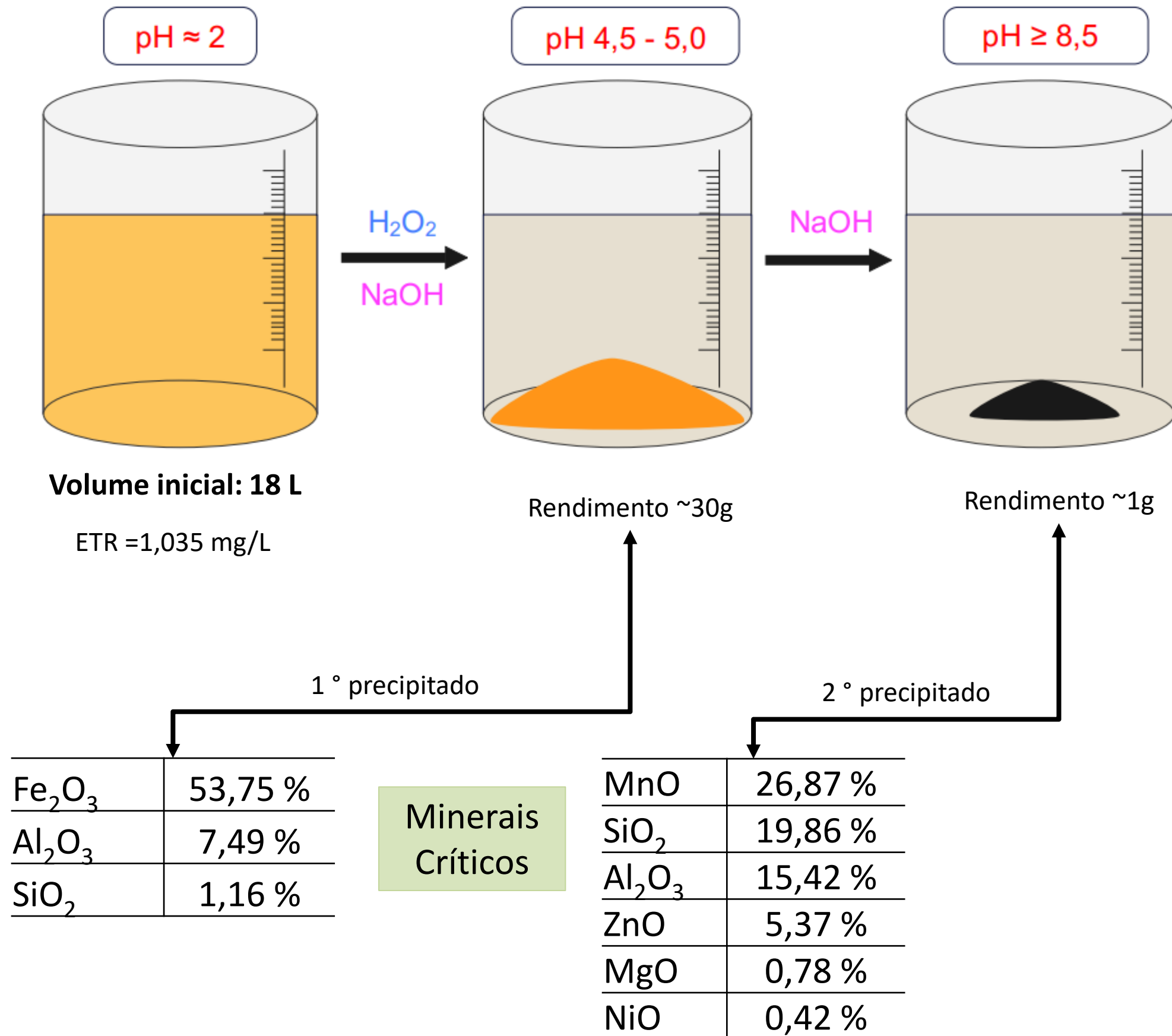
(22) Filed: **Dec. 8, 2020**

Related U.S. Application Data

(62) Division of application No. 16/795,471, filed on Feb. 19, 2020, now Pat. No. 10,954,582.

(60) Provisional application No. 62/875,502, filed on Jul. 17, 2019.

Oxidação e precipitação

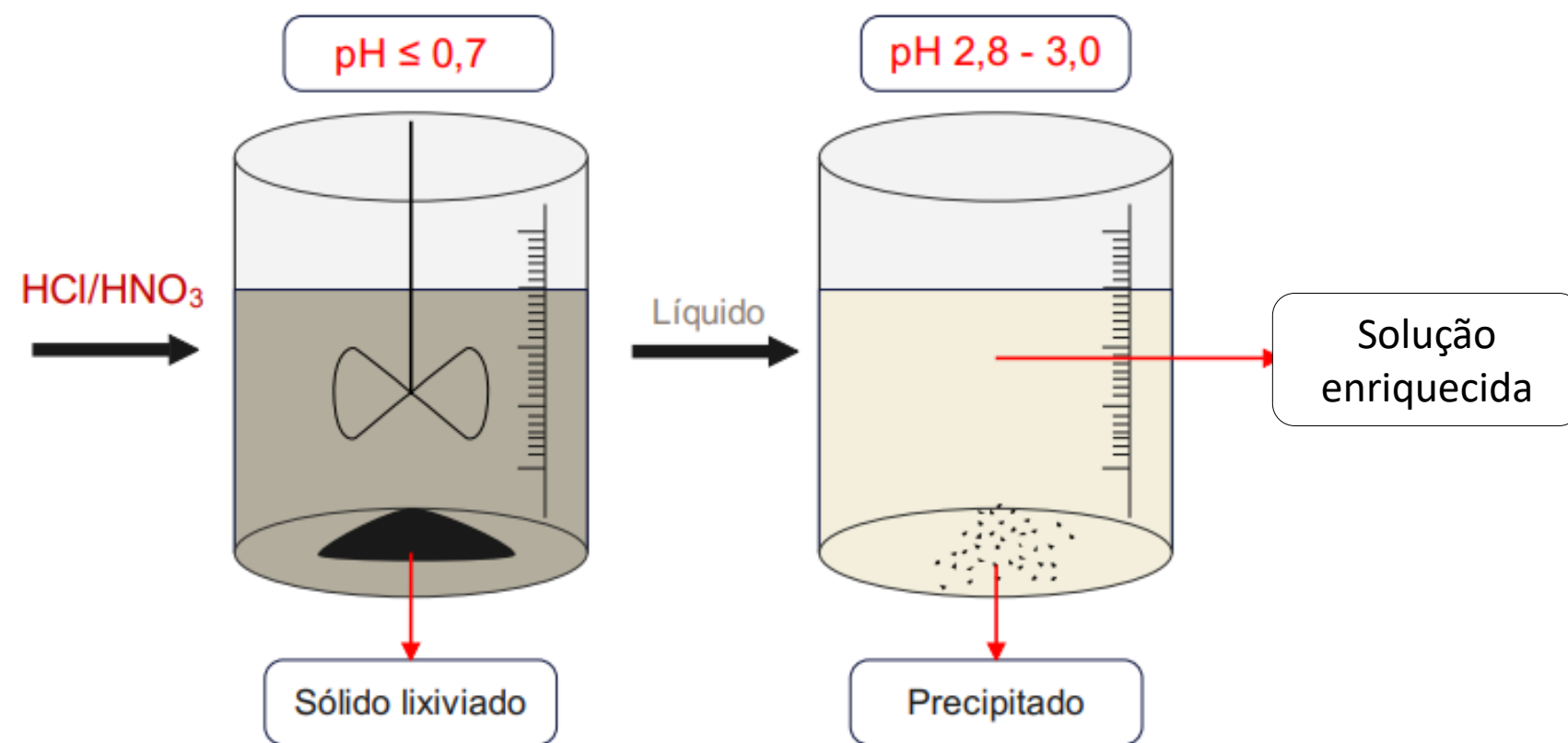


Concentração (ppm)	1° precipitado	2° precipitado
Ce	78,5	4110,4
Dy	14,9	673,39
Er	5,87	288,39
Eu	4,4	160,06
Gd	19,74	940,62
Ho	2,61	118,54
La	16,2	1305,6
Lu	0,63	22,98
Nd	68,9	2615,2
Pr	14,08	567,41
Sc	6	13,1
Sm	21,2	720,8
Tb	2,67	121,87
Tm	0,87	32,76
Y	47,28	3395,96
Yb	5,5	180
Th	4,1	2,1
U	1,64	2,66
ETR Total	309,35	15267,08
ETR Leves	198,88	9319,41
ETR Pesados	110,47	5947,67

Produção de Solução Enriquecida

Planejamento experimental:

- Variação do tipo de ácido: HCl, HNO₃
- Variação do tempo de lixiviação: 1h, 24h
- Calcinação: calcinado e não calcinado.



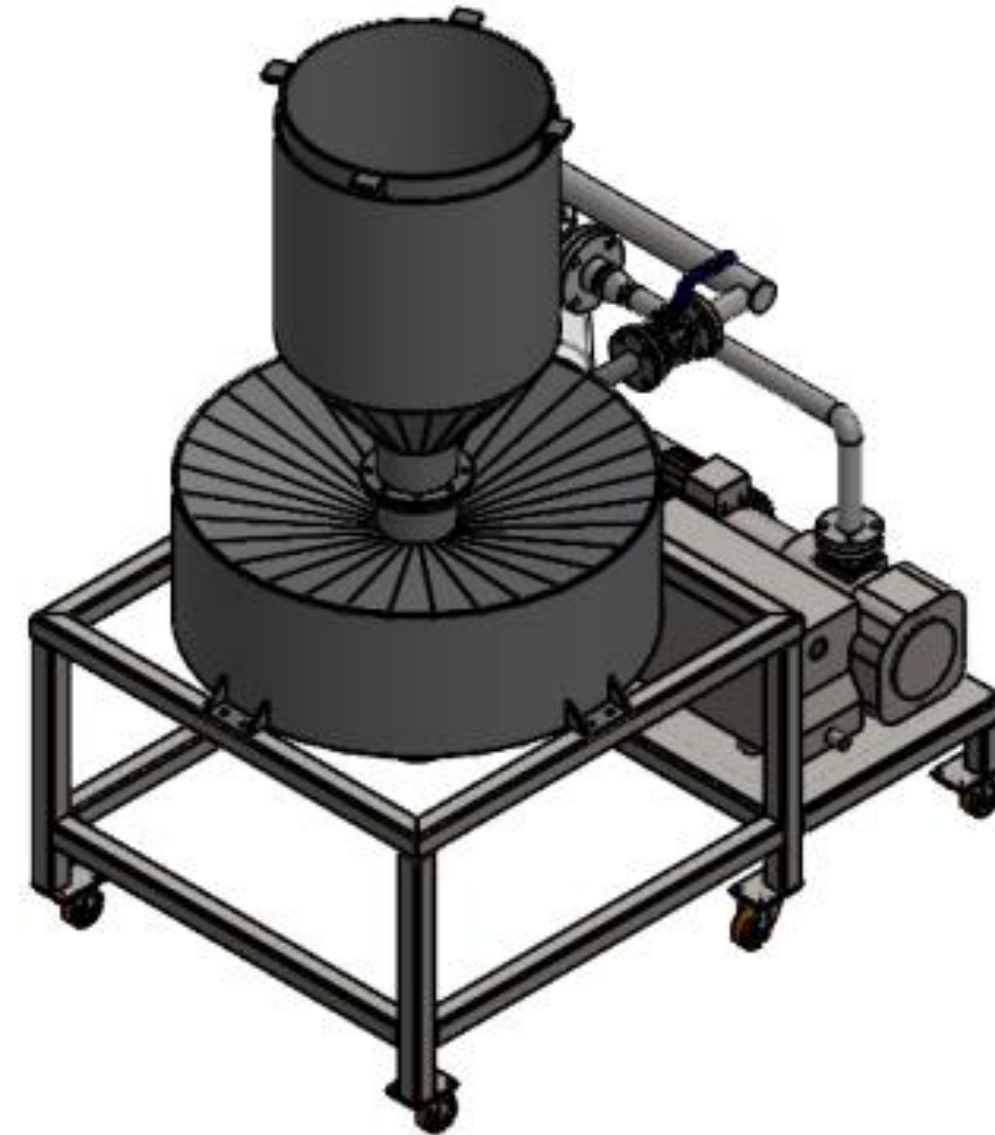
Concentração (mg/L)	Não calcinado HNO ₃ 1h	Calcinado HNO ₃ 1h	Calcinado HCl 1h	Calcinado HCl 24h
Ce	121,0	142,0	98,0	119,0
Dy	27,0	37,0	27,0	36,0
Er	11,7	17,0	13,3	16,0
Eu	6,5	9,4	6,8	8,3
Gd	37,0	52,0	38,0	50,0
Ho	5,1	7,4	5,8	7,0
La	57,8	86,5	65,4	74,8
Lu	1,1	1,6	1,3	1,6
Nd	100,0	137,0	98,0	128,0
Pr	23,0	29,0	23,8	28,0
Sm	28,0	39,0	27,0	36,0
Tb	5,8	8,3	6,3	7,6
Tm	1,4	2,0	1,6	1,9
Y	133,0	188,0	142,0	182,0
Yb	7,7	11,6	8,8	10,9
Th	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
U	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR Total	566,1	767,8	563,0	707,1
ETR leves	329,8	433,5	312,1	385,8
ETR pesados	236,3	334,3	250,9	321,3

Próximas atividades

Aquisições SATC:



Reator de vidro de 100 L



Filtro a vácuo capacidade de processamento de 200 L

Desenvolvimento em parceiros:



Agradecimentos



fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Obrigado!

Thiago Fernandes de Aquino, Dr. Eng.

www.satc.edu.br

ct@satc.edu.br

thiago.aquino@satc.edu.br

+55 (48) 984022320





fapesc

Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina

CETEM

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



SATC

EDUCAÇÃO, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Obrigado!

Thiago Fernandes de Aquino, Dr. Eng.

www.satc.edu.br

ct@satc.edu.br

thiago.aquino@satc.edu.br

+55 (48) 984022320