



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA DE SOLOS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA NAS
AÇÕES AFIRMATIVAS (PIBIC - Af)

RELATÓRIO FINAL

PROJETO

Geoquímica de elementos terras raras em perfis de tecnossolos de rejeitos de mineração de scheelita ao longo de 10 anos

DISCENTE: Ana Letícia Marinho Lima de Freitas

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva

PERÍODO DO RELATÓRIO: agosto de 2024 a setembro de 2025

Recife, setembro de 2025

Sumário

1. IDENTIFICAÇÃO	3
2. TÍTULO DO PROJETO:.....	3
3. RESUMO	4
4. INTRODUÇÃO.....	5
5. OBJETIVOS.....	6
5.1. Objetivo geral.....	6
5.2. Objetivos Específicos	6
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
6.1. Área de estudo	6
6.2. Seleção, coleta e preparo do solo	7
7. ANÁLISES DE SOLO	8
7.1. Caracterização física e química do tecnossolo.....	9
7.2. Digestão e determinação de ETRs	9
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES FINAIS.....	10
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
10. CRONOGRAMA	16
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELA BOLSISTA	21
13. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	22
14. PARECER DO ORIENTADOR	22

1. IDENTIFICAÇÃO

DISCENTE: Ana Letícia Marinho Lima de Freitas

CURSO: Agronomia

PROGRAMA: (X) PIBIC () PIC

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva

DEPARTAMENTO: Departamento de Agronomia (DEPA)

RELATÓRIO: () PARCIAL (X) FINAL

ÁREA: Ciência do Solo

LABORATÓRIO: Química Ambiental de Solos

PERÍODO DO RELATÓRIO FINAL: agosto de 2024 a setembro de 2025

2. TÍTULO DO PROJETO:

CRONOSSEQUÊNCIA DE TECNOSSOLOS DA MINERAÇÃO DE SCHEELITA NO SEMIÁRIDO TROPICAL: PEDOGÊNESE, GEOQUÍMICA E DIVERSIDADE MICROBIANA

2.1 TÍTULO DO SUBPROJETO/PLANO DE TRABALHO:

GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TERRAS RARAS EM PERFIS DE TECNOSSOLOS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO DE SCHEELITA AO LONGO DE 10 ANOS

3. RESUMO

A mineração é uma atividade essencial para a obtenção de recursos naturais indispensáveis à vida contemporânea. Estimativas indicam que, apenas no Brasil, entre 2010 e 2030, mais de 11 bilhões de toneladas de rejeitos de mineração serão gerados. Nesse cenário, a construção de tecnossolos a partir de rejeitos surge como alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas e para a oferta de serviços ambientais que atenuem os impactos ecossistêmicos. O presente trabalho teve como objetivo estudar a geoquímica de elementos terras raras (ETRs) em tecnossolos construídos a partir de rejeitos de mineração na Mina Brejuí, localizada em Currais Novos (Rio Grande do Norte). Foram selecionados tecnossolos em cronossequência de 0, 2 e 10 anos, a partir dos quais foram coletadas amostras deformadas e não deformadas dos horizontes e/ou camadas para análises físicas, químicas e mineralógicas. Os tecnossolos analisados apresentaram predominância de texturas arenosas. O tecnossolo mais jovem (P1, 2 anos) apresentou maiores proporções de silte e argila, favorecendo maior retenção de cátions. O caráter alcalino dos solos foi atribuído à presença de carbonatos nos materiais formadores, como tactito e mármore. As concentrações disponíveis de Ca e Mg foram elevadas em todos os perfis, superando os níveis críticos para a maioria das culturas agrícolas. As concentrações totais de ETRs no tecnossolo com 2 anos variaram de 64,41 a 148,30 mg kg⁻¹, com valor médio de 98,38 mg kg⁻¹. Já no tecnossolo com 10 anos, os valores oscilaram entre 80,99 e 147,48 mg kg⁻¹, com média de 106,60 mg kg⁻¹. Para os ETRLs, as concentrações médias foram de 64,52 mg kg⁻¹ (2 anos) e 73,21 mg kg⁻¹ (10 anos), enquanto para os ETRPs foram de 33,87 mg kg⁻¹ (2 anos) e 33,39 mg kg⁻¹ (10 anos). Comparativamente, os tecnossolos apresentaram concentrações médias totais de ETRs superiores às registradas em solos do Rio Grande do Norte. No entanto, os valores foram inferiores às médias globais da crosta terrestre. A razão LaN/YbN (0,38 a 0,87) e a GdN/YbN (0,43 a 1,17) indicaram ausência de fracionamento entre ETRLs e ETRPs, assim como dentro dos ETRPs. Por outro lado, a razão LaN/SmN (0,73 a 4,40) sugeriu leve fracionamento entre os ETRLs ao longo dos perfis. Esses resultados ressaltam o potencial e os desafios do uso de tecnossolos para fins de recuperação ambiental e para a agricultura sustentável.

Palavras-chave: Lantanídeos. Solos antropogênicos. Solos tectogênicos. Mina Brejuí.

4. INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade essencial para a obtenção de recursos naturais necessários à manutenção das atividades da vida contemporânea. Responsável pela geração de mais de 100 bilhões de toneladas de resíduos anuais em escala global, essa atividade impacta diretamente o solo, um dos principais componentes ambientais afetados (Rankin, 2011). No Brasil, estima-se que entre 2010 e 2030 serão geradas mais de 11 bilhões de toneladas de rejeitos de mineração (Ipea, 2010).

Localizada no semiárido do Nordeste brasileiro, no município de Currais Novos (Rio Grande do Norte), a Mina Brejuí (6°19'19" S; 36°32'52" O) é a maior mina de exploração de tungstato de cálcio (scheelita; CaWO_4) da América do Sul e encontra-se em operação há mais de 70 anos (Godeiro et al., 2010). Durante o beneficiamento, cerca de 99,2% do minério processado transforma-se em rejeito, enquanto apenas 0,8% corresponde ao produto comercializável (Ramos Filho, 2021). Esse processo já resultou no acúmulo de aproximadamente 6,5 milhões de toneladas de rejeitos grossos e finos (Ramos Filho, 2021). Diante da necessidade urgente de manejo adequado desses resíduos, a construção de tecnossolos a partir de rejeitos surge como alternativa promissora para a recuperação de áreas degradadas e para a oferta de serviços ambientais capazes de mitigar impactos ecossistêmicos (Santana, 2025).

De acordo com a classificação da WRB (2022), os tecnossolos são definidos pela presença de, no mínimo, 20% de artefatos até 100 cm de profundidade. Esses artefatos podem incluir geomembranas impermeáveis ou camadas seladas e correspondem a materiais modificados ou expostos por ação humana, como resíduos de construção, resíduos industriais, rejeitos de mineração e sedimentos dragados (Fabbri et al., 2021; IUSS Working Group WRB, 2022). Por configurarem uma ferramenta inovadora na recuperação de áreas degradadas pela mineração, pela construção civil e pela agricultura, os estudos sobre a geoquímica de elementos terras raras (ETRs) em tecnossolos tornam-se cada vez mais relevantes, especialmente no semiárido brasileiro.

Os ETRs compreendem um grupo de dezessete elementos químicos da Tabela Periódica, formado pelos quinze lantanídeos (La a Lu), além do ítrio (Y) e do escândio (Sc) (Connely et al., 2005). Com base no número atômico (Z), os lantanídeos são subdivididos em elementos terras raras leves (ETRLs), que vão do lantânio (La) ao európio (Eu) ($Z = 57$ a 63), e elementos terras raras pesados (ETRPs), que incluem do gadolínio (Gd) ao lutécio (Lu) ($Z = 64$ a 71) (Menéndez et al., 2019; Ram et al., 2019; Weber; Reisman, 2012). Devido às suas propriedades físicas, químicas, magnéticas e luminescentes singulares, os ETRs possuem ampla aplicação industrial e tecnológica, incluindo a fabricação de dispositivos eletrônicos (USEPA,

2012; Dushyantha et al., 2020), fertilizantes agrícolas (Kobayashi et al., 2007) e até equipamentos médicos utilizados no tratamento do câncer (Balaram, 2019).

Nesse contexto, o presente trabalho investiga a geoquímica de ETRs em tecnossolos derivados de rejeitos da mineração de scheelita da Mina Brejuí, ao longo de uma cronosequência de dez anos. Os resultados obtidos buscam contribuir para a compreensão da dinâmica dos ETRs em ecossistemas semiáridos, subsidiar estratégias de manejo e mitigar potenciais impactos ambientais. Além disso, poderão fornecer subsídios para a formulação de legislações específicas no Brasil relacionadas aos limites de ETRs em solos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo geral

Avaliar a geoquímica de ETRs em tecnossolos construídos a partir de rejeitos de mineração de scheelita, ao longo de uma cronosequência de 10 anos no semiárido brasileiro.

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar as concentrações de ETRs em tecnossolos derivados de rejeitos da mineração de scheelita ao longo de uma cronosequência de 0, 2 e 10 anos;
- Compreender a variabilidade temporal dos ETRs nos tecnossolos analisados;
- Avaliar a influência dos atributos físicos e químicos sobre a geoquímica de ETRs nos tecnossolos da cronosequência.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Mina Brejuí (6°19'19" S; 36°32'52" O), localizada em Currais Novos, Rio Grande do Norte, semiárido tropical do Nordeste brasileiro. A mina está em atividade há mais de 70 anos e é considerada a maior operação de exploração de tungstato de cálcio (scheelita; CaWO_4) da América do Sul (Godeiro et al., 2010). O clima regional é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen (1931), caracterizado por chuvas irregulares e secas prolongadas. O período chuvoso concentra-se entre fevereiro e abril, com precipitação média anual de 610 mm. O bioma predominante é a caatinga hiperxerófila. A extração de scheelita ocorre por lavra subterrânea, com cerca de 65 km de túneis e profundidade máxima de 900 m (Gerab, 2014). Os rejeitos provenientes do beneficiamento são depositados a céu aberto desde a Segunda Guerra Mundial, formando depósitos do tipo “bota-fora”, que deram origem a diversos tecnossolos.

Figura 1 – Mina Brejuí, localizada em Currais Novos, Rio Grande do Norte, vista por drone.



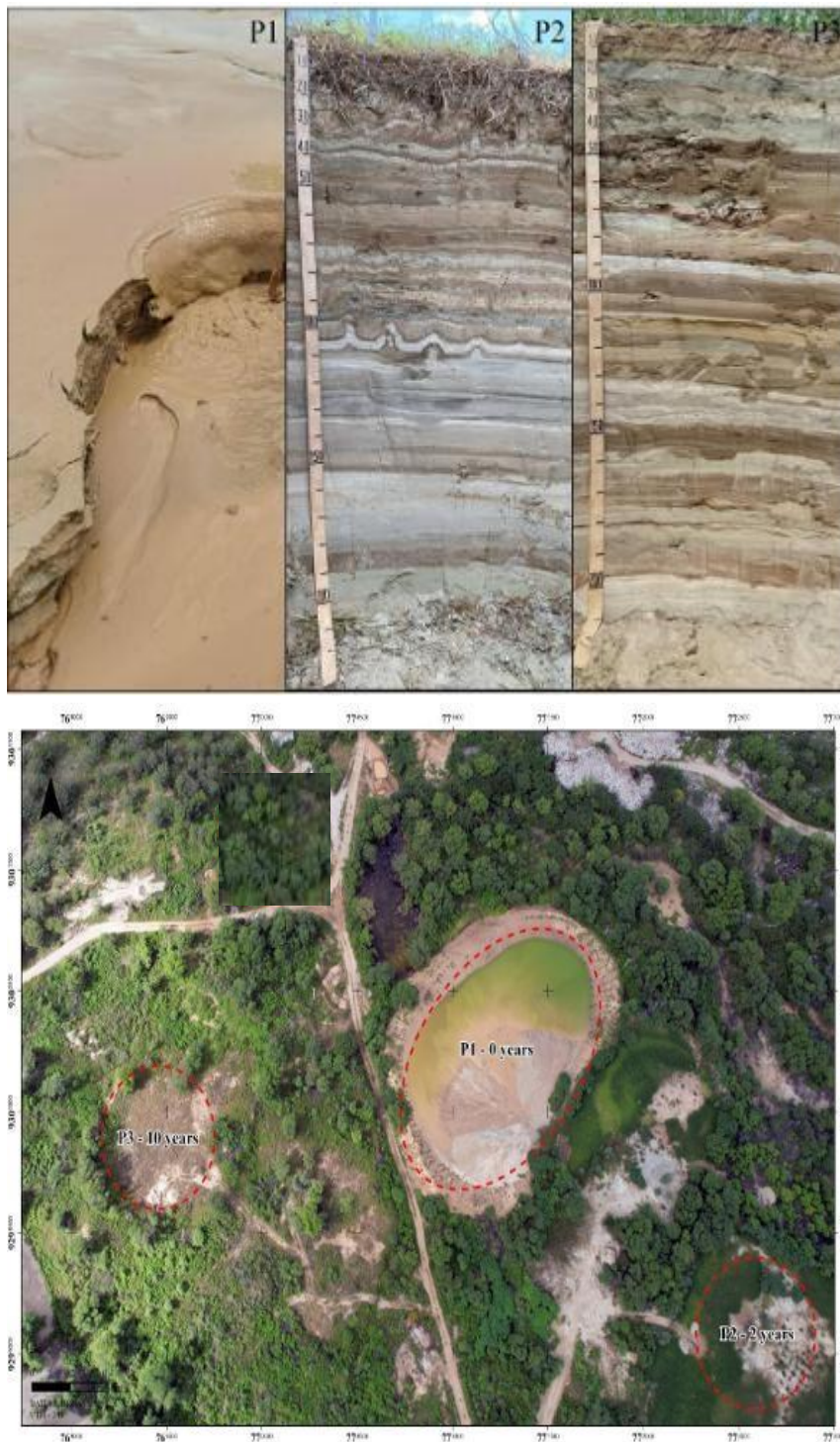
Fonte: Santana (2025).

6.2. Seleção, coleta e preparo do solo

A seleção dos perfis de tecnossolos foi realizada com base em imagens do Google Earth e em informações fornecidas por engenheiros de minas da Mina Brejuí. Foram escolhidos tecnossolos construídos a partir de rejeitos de scheelita representando uma cronossequência de 0, 2 e 10 anos (Figura 2).

Os perfis foram abertos, descritos, classificados e amostrados de acordo com a Base de Referência Mundial (IUSS Working Group WRB, 2022). Também foi incluído o rejeito recém-gerado (tempo zero). Foram coletadas amostras deformadas e não deformadas dos horizontes e/ou camadas, destinadas às análises físicas, químicas e mineralógicas. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas, quarteadas e peneiradas em malha de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Figura 2 – Perfis de tecnossolos originados de rejeitos de mineração de scheelita com 0, 2 e 10 anos, localizados no semiárido do RN (Currais Novos).



Fonte: Santana (2025).

6.3. ANÁLISES DE SOLO

6.3.1. Caracterização química e física dos tecnossolos

O pH do solo foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹, na proporção de 1:2,5 (solo:solução). Para determinação do pH em pasta e da condutividade elétrica (CE), foi

preparada a pasta de saturação. Os cátions trocáveis potássio (K^+) e sódio (Na^+) foram extraídos com o uso do extrator Mehlich-1 (proporção 1:10 solo:solução) e quantificados por fotometria de chama. O fósforo disponível foi determinado pelo método de Olsen, indicado para solos alcalinos ou calcários (Olsen; Sommers, 1982). Os cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) foram extraídos com KCl $1\ mol\ L^{-1}$ (1:10 solo:solução) e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Teixeira et al., 2017). A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi obtida pelo método do acetato de cálcio $0,5\ mol\ L^{-1}$ a pH 7,0. Com base nos resultados do complexo sortivo, foram calculados: soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica potencial (T), capacidade de troca catiônica efetiva (t), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e porcentagem de sódio trocável (PST).

O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado (Yeomans & Bremner, 1988). Para essa análise, aproximadamente 20 g de Terra Fina Seca em Estufa (TFSE) foram moídos e peneirados em malha de 80 mesh. Em seguida, 0,5 g da amostra foram pesados e misturados com 10 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ $0,0667\ mol\ L^{-1}$ em Erlenmeyer de 250 mL. A mistura foi aquecida em chapa antes da titulação.

A granulometria da TFSA foi determinada pelo método do densímetro, baseado na sedimentação de partículas segundo a lei de Stokes. Para dispersão, utilizou-se agitador Wagner por 16 horas, com calgon (hexametáfosfato de sódio + hidróxido de sódio) como dispersante. A fração de areia total foi obtida por peneiramento em malha de 0,053 mm. Após secagem, as frações de areia fina e grossa foram separadas em peneira de 0,2 mm. A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do torrão parafinado (Teixeira et al., 2017).

6.3.2. Digestões e determinação dos ETRs

As amostras foram digeridas segundo Alvarez et al. (2001). Para determinação das concentrações totais de ETRs, 0,5 g da amostra pulverizada foi digerida em béquer de teflon com 10 mL de HF, 10 mL de HNO_3 , 5 mL de $HClO_4$ e 5 mL de HCl. Após repouso e homogeneização, a mistura foi aquecida a $250\ ^\circ C$ até completa secagem. O resíduo foi dissolvido em 5 mL de HCl e 5 mL de água ultrapura, aquecido levemente e transferido para balão volumétrico de 25 mL. As digestões foram realizadas em duplicata, com provas em branco simultâneas.

Os teores de La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Yb, Lu, Dy, Er, Ho, Tb, Tm, Y e Sc foram determinados por ICP-OES (Optima 7000, Perkin Elmer). O controle de qualidade foi garantido pelo uso da amostra certificada SRM 2709 San Joaquin soil (NIST, 2002). As curvas de calibração, elaboradas com padrões de $1000\ mg\ L^{-1}$ (TITRISOL®, Merck), apresentaram coeficiente de determinação (r) superior a 0,99. Sempre que o desvio entre medições excedeu

10%, o equipamento foi recalibrado e as amostras reanalisadas. Os resultados analíticos foram avaliados por meio de estatística univariada (média, mediana, valores máximo e mínimo, e desvio padrão).

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES FINAIS

7.1. Atributos físicos e químicos dos tecnossolos

Os tecnossolos estudados foram classificados como Spolic Technosol (Silva, 2023), de acordo com a WRB (IUSS Working Group WRB, 2022). O pH em água apresentou valores sempre superiores ao pH em KCl, resultando em ΔpH negativo, variando de -0,5 a -1,5 (P1) e de -0,4 a -1,0 (P2) (Silva, 2023). Esse comportamento indica a predominância de cargas negativas, o que confere maior capacidade de reter cátions em comparação a ânions. Os valores médios de pH em água foram 8,62 (P1) e 8,65 (P2), confirmando o caráter alcalino, diretamente associado à presença de carbonatos nos materiais de origem.

Quanto aos cátions trocáveis, o perfil de 2 anos (P1) apresentou maiores concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ (Tabela 1) (Silva, 2023). Os teores de Ca ($> 4,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$) e Mg ($> 1,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$, exceto em 2Cuk1 e 3Cuk2 do P2) superaram a demanda crítica da maioria das culturas agrícolas do Rio Grande do Norte (Munson, 1982; Dantas, 2020; Silva, 2023).

A acidez potencial apresentou tendência de aumento ao longo da cronossequência (P1 $<$ P2) (Tabela 1) (Silva, 2023). A capacidade de troca catiônica (CTC) variou de forma irregular entre os perfis, com valores de 7,45 a 44,15 cmolc kg^{-1} (P1) e 19,23 cmolc kg^{-1} (P2). A condutividade elétrica (CE) variou em profundidade de 1,08 a 5,56 dS m^{-1} (P1) e de 0,41 a 8,43 dS m^{-1} (P2). A PST apresentou comportamento semelhante, oscilando de 2,40 a 3,5% (P1) e de 0,8 a 2,63% (P2). Alguns horizontes mostraram caráter salino (CE $>$ 4 dS m^{-1} e PST $<$ 15%).

A densidade do solo (Ds) variou de 1,13 a 1,41 kg dm^{-3} (P1) e de 1,31 a 1,38 kg dm^{-3} (P2). Na granulometria, o P2 apresentou maior proporção de areia, enquanto o P1 teve maiores teores de silte (575 mg kg^{-1} no 9Cuk8) e argila (461 mg kg^{-1} no 5Cuk4). A sequência decrescente de argila foi: P1 $>$ P2 (Tabela 1).

O rejeito recém-exposto (T0) apresentou pH alcalino (8,79), semelhante ao dos tecnossolos. As concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ foram, respectivamente, 5,29; 1,35 e 0,05 cmolc kg^{-1} (Tabela 1; Silva, 2023). A PST e a CE ficaram abaixo dos limites de salinidade (15% e 4 dS m^{-1} , respectivamente), e o fósforo disponível foi classificado como baixo.

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos de tecnossolos originados de rejeitos da mineração de scheelita com 0, 2 e 10 anos no semiárido brasileiro, de acordo com Silva (2023).

Horizonte/ Profundidade (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H + Al	CTC	CE (dS m ⁻¹)	PST (%)	P (Olsen)	Cinor	Corg	COT	Ds (kg dm ⁻³)	Areia total	Silte	Argila
				(cmolc kg ⁻¹)															
Perfil 1 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (2 anos)																			
Auk (0-7)	9,04	7,54	-1,5	13,30	3,58	0,64	0,62	1,68	19,18	1,08	3,50	2,31	1,98	0,00	1,98	1,13	683	194	122
2Cuk ₁ (7-15)	8,32	7,45	-0,9	28,62	5,57	0,84	0,10	1,12	35,41	5,13	2,40	1,76	3,02	0,28	3,31	1,31	171	444	385
3Cuk ₂ (15-25)	8,28	7,37	-0,9	33,52	9,66	1,09	0,11	0,86	44,15	5,56	2,46	3,07	1,81	0,31	2,11	1,28	98	515	386
4Cuk ₃ (25-30)	8,68	8,00	-0,7	9,24	2,21	0,38	0,09	1,00	12,54	4,04	3,20	1,27	4,44	0,02	4,46	1,36	380	449	172
5Cuk ₄ (30-46)	8,45	7,61	-0,8	19,02	4,72	0,59	0,13	0,94	24,81	5,06	2,43	1,25	3,63	0,05	3,68	1,34	157	382	461
6Cuk ₅ (46-56)	8,73	7,88	-0,8	10,93	2,99	0,36	0,11	1,01	15,04	3,09	2,52	1,47	4,40	0,02	4,42	1,41	459	216	326
7Cuk ₆ (56-66)	8,66	7,74	-0,9	13,09	3,06	0,42	0,10	1,18	17,43	3,08	2,51	1,67	4,47	0,01	4,47	1,25	375	324	300
8Cuk ₇ (66-70)	8,55	8,04	-0,5	7,23	1,74	0,26	0,09	1,08	10,14	4,12	2,82	1,07	4,82	-0,02	4,80	1,27	335	494	171
9Cuk ₈ (70-98)	8,62	7,85	-0,8	9,74	2,96	0,32	0,12	1,42	14,24	2,97	2,47	1,76	5,36	0,05	5,41	1,26	154	572	274
10Cuk ₉ (98-150+)	8,88	8,38	-0,5	4,79	1,17	0,18	0,08	1,41	7,45	2,24	2,90	2,03	6,06	0,08	6,14	1,41	720	184	95
Perfil 2 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (10 anos)																			
Auk (0-9)	8,75	7,70	-1,0	9,06	1,94	0,10	0,46	2,67	14,13	0,65	0,85	4,79	2,89	0,85	3,74	1,34	651	218	131
2Cuk ₁ (9-15)	9,26	8,41	-0,9	4,17	0,17	0,11	0,04	1,65	6,03	0,41	2,45	1,11	4,06	0,01	4,07	1,38	642	279	79
3Cuk ₂ (15-40)	8,80	8,36	-0,4	5,76	0,57	0,12	0,05	2,40	8,78	2,16	1,86	0,15	4,02	0,02	4,05	1,38	744	177	79
4Cuk ₃ (40-64)	8,56	8,19	-0,4	8,30	0,98	0,25	0,06	2,24	11,58	3,96	2,61	0,63	3,31	0,00	3,31	1,38	745	125	130
5Cuk ₄ (64-70)	8,20	7,58	-0,6	14,00	2,61	0,42	0,10	2,52	19,23	8,43	2,47	0,64	0,78	0,20	0,98	1,32	468	401	131
6Cuk ₅ (70-87)	8,43	7,90	-0,5	6,53	1,40	0,20	0,06	2,41	10,4	4,00	2,49	0,58	1,38	0,39	1,77	1,37	812	108	80
7Cuk ₆ (87-105)	8,55	8,01	-0,5	6,19	1,69	0,21	0,06	2,24	10,18	3,89	2,63	0,44	2,70	0,23	2,93	1,31	694	227	80
8Cuk ₇ (105-150+)	8,63	8,19	-0,4	5,86	1,02	0,14	0,04	2,16	9,08	3,09	2,05	0,05	4,46	0,04	4,50	1,33	670	251	79
Tempo Zero																			
T0	8,79	8,31	-0,5	5,29	1,35	0,22	0,05	1,32	8,01	3,16	3,12	0,44	3,20	0,01	3,22	-	0	830	170

(CTC) – Capacidade de troca de cátions; (CE) – Condutividade elétrica; (PST) – porcentagem de sódio trocável; (Cinor) – Carbono inorgânico; (Corg) – Carbono orgânico; (COT) – Carbono total; (Ds) – Densidade do solo.

7.2. Geoquímica de ETRs nos perfis de tecnossolos

No tecnossolo com 2 anos (P1), a concentração média de ETRs (mg kg^{-1}) seguiu a ordem: Ce (29,97) > La (16,28) > Y (15,25) > Nd (12,81) > Sc (6,29) > Dy (3,39) > Pr (3,00) > Gd (2,88) > Er (2,87) > Sm (1,90) > Yb (1,79) > Ho (0,61) > Lu (0,57) > Eu (0,56) > Tb (0,23), com Tm não detectado. O somatório de ETRs variou de 64,41 a 148,30 mg kg^{-1} , média de 98,38 mg kg^{-1} (Tabela 2). O ΣETRLs variou de 41,91 a 98,20 mg kg^{-1} (média 64,52 mg kg^{-1}) e o ΣETRPs de 22,50 a 50,10 mg kg^{-1} (média 33,87 mg kg^{-1}). No tecnossolo com 10 anos (P2), a ordem foi: Ce (37,03) > La (16,90) > Y (15,58) > Nd (13,17) > Sc (5,78) > Dy (3,64) > Pr (3,33) > Gd (2,58) > Er (2,51) > Sm (2,17) > Yb (1,85) > Lu (0,65) > Eu (0,62) > Ho (0,59) > Tb (0,21), sem detecção de Tm.

Tabela 2 – Concentrações médias do somatório dos elementos terras raras totais, leves e pesados no rejeito original e nos tecnossolos com 2 e 10 anos originados de rejeitos da mineração de scheelita no semiárido brasileiro.

Horizonte/ Profundidade (cm)	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Sc	Y
Auk (0-7)	13,83	27,75	2,30	12,03	1,90	0,70	2,63	0,45	4,63	0,78	4,18	2,65	0,70	7,10	22,10
2Cuk1 (7-15)	18,45	34,35	2,60	15,25	2,70	0,65	3,28	0,15	3,23	0,53	2,30	1,63	0,35	6,73	14,13
3Cuk2 (15-25)	17,95	30,38	2,65	15,43	3,13	0,70	2,95	0,18	3,35	0,50	2,18	1,70	0,30	6,58	13,60
4Cuk3 (25-30)	15,58	30,88	2,78	11,33	0,95	0,45	2,35	0,08	2,98	0,60	3,68	1,55	0,55	5,23	13,35
5Cuk4 (30-46)	24,58	44,13	4,48	20,53	3,55	0,95	4,88	0,30	4,68	0,83	3,70	2,63	0,65	9,20	23,25
6Cuk5 (46-56)	15,40	27,45	3,20	12,45	1,15	0,58	3,15	0,48	3,65	0,70	2,83	1,98	0,93	6,33	16,83
7Cuk6 (56-66)	18,33	33,58	3,88	14,85	1,75	0,68	3,58	0,38	4,00	0,73	2,90	2,08	0,53	7,45	17,98
8Cuk7 (66-70)	12,50	23,28	2,65	7,90	2,03	0,28	1,85	0,08	2,40	0,45	2,78	1,18	0,63	4,68	10,25
9Cuk8 (70-98)	15,40	27,68	3,28	11,23	0,53	0,40	2,30	0,15	2,70	0,50	2,15	1,30	0,58	5,25	11,23
10Cuk9 (98-150+)	10,75	20,28	2,20	7,08	1,36	0,25	1,80	0,05	2,28	0,50	2,03	1,18	0,53	4,40	9,75
média	16,28	29,97	3,00	12,81	1,90	0,56	2,88	0,23	3,39	0,61	2,87	1,79	0,57	6,29	15,25
Auk (0-9)	17,20	38,34	3,25	13,60	2,17	0,66	2,76	0,22	3,65	0,58	2,43	1,86	0,57	5,77	16,02
2Cuk1 (9-15)	12,40	26,78	2,45	8,23	1,94	0,35	1,25	0,15	3,33	0,60	2,55	1,68	1,03	5,25	13,03
3Cuk2 (15-40)	15,68	32,08	3,50	11,90	0,65	0,45	2,23	0,15	3,05	0,53	2,38	1,50	0,70	5,68	12,65
4Cuk3 (40-64)	20,03	44,90	3,83	16,29	2,90	0,80	3,28	0,27	4,09	0,62	2,59	2,10	0,52	6,34	17,81
5Cuk4 (64-70)	23,45	51,58	4,73	19,58	4,00	0,98	3,95	0,38	4,73	0,73	2,95	2,45	0,48	7,13	20,40
6Cuk5 (70-87)	18,35	42,75	3,25	14,65	2,35	0,70	2,95	0,20	3,75	0,55	2,35	1,90	0,55	5,85	16,30
7Cuk6 (87-105)	15,65	33,60	3,05	12,15	1,50	0,60	2,45	0,20	3,35	0,55	2,30	1,70	0,55	5,60	15,10
8Cuk7 (105-150+)	12,45	26,23	2,55	8,98	1,85	0,40	1,80	0,15	3,20	0,60	2,50	1,60	0,80	4,63	13,33
média	16,90	37,03	3,33	13,17	2,17	0,62	2,58	0,21	3,64	0,59	2,51	1,85	0,65	5,78	15,58
T0	18,13	33,98	3,23	15,18	2,24	0,74	3,21	0,38	3,86	0,58	3,18	1,99	0,68	7,61	17,57

A concentração total de ETRs no tecnossolo de 2 anos variou entre 64,41 e 148,30 mg kg⁻¹ (média de 98,38 mg kg⁻¹) (Tabela 3). Desse total, os Σ ETRLs representaram de 41,91 a 98,20 mg kg⁻¹ (média de 64,52 mg kg⁻¹), e os Σ ETRPs, de 22,50 a 50,10 mg kg⁻¹ (média de 33,87 mg kg⁻¹). No tecnossolo de 10 anos, a concentração total de ETRs foi de 80,99 a 147,48 mg kg⁻¹ (média de 106,60 mg kg⁻¹), sendo os Σ ETRLs de 52,14 a 104,30 mg kg⁻¹ (média de 73,21 mg kg⁻¹) e os Σ ETRPs de 28,60 a 43,18 mg kg⁻¹ (média de 33,39 mg kg⁻¹). Os dados da Tabela 3 mostram que a concentração total de ETRs foi, em média, maior no tecnossolo de 10 anos (106,60 mg kg⁻¹; variação de 80,99 a 147,48 mg kg⁻¹) do que no de 2 anos (98,38 mg kg⁻¹; variação de 64,41 a 148,30 mg kg⁻¹). Essa diferença é atribuída principalmente aos Σ ETRLs, cuja média foi de 73,21 mg kg⁻¹ (variação de 52,14 a 104,30 mg kg⁻¹) no solo mais antigo, contra 64,52 mg kg⁻¹ (variação de 41,91 a 98,20 mg kg⁻¹) no mais recente. Já as médias de Σ ETRPs foram muito próximas, 33,39 mg kg⁻¹ (10 anos) e 33,87 mg kg⁻¹ (2 anos).

Os tecnossolos apresentaram médias de ETRs superiores às observadas em solos de Rio Grande do Norte (91,9 mg kg⁻¹; Silva et al., 2018), Cuba (74,2 mg kg⁻¹; Alfaro et al., 2018) e Suécia (89,3 mg kg⁻¹; Sadeghi et al., 2013). O tecnossolo de 10 anos superou também valores de solos do Japão (98,4 mg kg⁻¹; Yoshida et al., 1998) e de Pernambuco (100,8 mg kg⁻¹; Silva et al., 2018). No entanto, todos os valores ficaram abaixo das médias relatadas para solos da China (154,6 mg kg⁻¹; Silva et al., 2018) e da Crosta Terrestre (210,7 mg kg⁻¹; Tyler; Olsson, 2002).

Tabela 3 – Concentrações médias do somatório dos elementos terras raras totais, leves e pesados no rejeito original e nos tecnossolos com 2 e 10 anos originados de rejeitos da mineração de scheelita no semiárido brasileiro.

Horizonte/ Profundidade (cm)	Σ ETRs	Σ ETRLs	Σ ETRPs	Σ ETRLs/ Σ ETRPs
Perfil 1 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (2 anos)				
Auk (0-7)	103,70	58,5	45,20	1,29
2Cuk ₁ (7-15)	106,30	74,0	32,30	2,29
3Cuk ₂ (15-25)	101,55	70,23	31,33	2,24
4Cuk ₃ (25-30)	92,30	61,95	30,35	2,04
5Cuk ₄ (30-46)	148,30	98,20	50,10	1,96
6Cuk ₅ (46-56)	97,08	60,23	36,85	1,63
7Cuk ₆ (56-66)	112,65	73,05	39,60	1,84
8Cuk ₇ (66-70)	72,91	48,63	24,28	2,00

9Cuk ₈ (70-98)	84,65	58,50	26,15	2,24
10Cuk ₉ (98-150+)	64,41	41,91	22,50	1,86
Perfil 2 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (10 anos)				
Auk (0-9)	109,06	75,22	33,83	2,22
2Cuk ₁ (9-15)	80,99	52,14	28,85	1,81
3Cuk ₂ (15-40)	93,10	64,25	28,85	2,23
4Cuk ₃ (40-64)	126,36	88,74	37,62	2,36
5Cuk ₄ (64-70)	147,48	104,3	43,18	2,42
6Cuk ₅ (70-87)	116,45	82,05	34,40	2,39
7Cuk ₆ (87-105)	98,35	66,55	31,80	2,09
8Cuk ₇ (105-150+)	81,05	52,45	28,60	1,83
Tempo Zero				
T0	112,57	73,51	39,06	1,88

Os dados da Tabela 4 demonstraram que, pela razão LaN/YbN, não ocorreu fracionamento entre ETRLs e ETRPs nos tecnossolos, com médias de 0,70 (P1) e 0,67 (P2). A razão LaN/SmN, que avalia o fracionamento entre os ETRLs, apresentou variações ao longo dos perfis, com médias de 1,66 (P1) e 1,43 (P2), sugerindo um leve fracionamento entre os ETRLs. A razão GdN/YbN confirmou a ausência de fracionamento entre os ETRPs, com valores médios de 0,94 (P1) e 0,80 (P2).

Foram detectadas anomalias positivas e negativas de Ce nos perfis. O cério (Ce) é um elemento de baixa mobilidade no solo, característica atribuída à sua intensa sorção em superfícies de óxidos de ferro (Fe). Esse processo é geralmente seguido da precipitação direta na forma de cerianita (CeO₂), um mineral altamente estável e insolúvel, que sequestra o Ce na matriz do solo (Compton et al., 2003). Esse mecanismo de imobilização é intensificado em condições oxidantes típicas do semiárido, nas quais o íon Ce³⁺ é oxidado a Ce⁴⁺, de solubilidade muito menor, favorecendo a formação de hidróxidos coloidais ou cristais estáveis. Esse acúmulo relativo resulta em anomalias positivas de Ce (Ce⁺), parâmetro fundamental na geoquímica de ETRs. Além disso, foram observadas anomalias positivas e negativas de Eu em profundidade. Essas anomalias estão relacionadas à substituição do Eu por outros elementos em minerais do material de origem, indicando processos geoquímicos diferenciados ao longo dos perfis dos tecnossolos.

Tabela 4 – Fracionamento entre ETRs e anomalias de Ce e Eu no rejeito original e nos tecnossolos com 2 e 10 anos originados de rejeitos da mineração de scheelita no semiárido brasileiro.

Horizonte/ Profundidade (cm)	LaN/SmN	GdN/YbN	LaN/YbN	Anomalia de Ce	Anomalia de Eu
Perfil 1 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (2 anos)					
Auk (0-7)	1,09	0,57	0,38	1,48	1,36
2Cuk1 (7-15)	1,03	1,17	0,83	1,20	0,71
3Cuk2 (15-25)	0,86	1,01	0,77	1,06	0,74
4Cuk3 (25-30)	2,46	0,88	0,74	1,19	1,96
5Cuk4 (30-46)	1,04	1,08	0,69	0,67	0,53
6Cuk5 (46-56)	2,01	0,92	0,57	0,93	1,68
7Cuk6 (56-66)	1,57	1,00	0,65	0,81	1,05
8Cuk7 (66-70)	0,92	0,91	0,78	1,19	0,71
9Cuk8 (70-98)	4,40	1,02	0,87	0,91	3,29
10Cuk9 (98-150+)	1,19	0,89	0,67	1,47	0,99
Perfil 2 – Spolic Technosol (Loamic, Alcalic, Calcic, Humic) (10 anos)					
Auk (0-9)	1,20	0,86	0,68	1,14	1,08
2Cuk1 (9-15)	0,73	0,43	0,54	1,47	1,08
3Cuk2 (15-40)	3,69	0,86	0,77	0,97	3,13
4Cuk3 (40-64)	1,04	0,91	0,70	0,97	0,82
5Cuk4 (64-70)	0,88	0,93	0,70	0,77	0,60
6Cuk5 (70-87)	1,17	0,90	0,71	0,78	0,98
7Cuk6 (87-105)	1,57	0,83	0,68	1,19	1,59
8Cuk7 (105-150+)	0,82	0,65	0,57	1,39	0,95
Tempo Zero					
T0	1,27	0,93	0,67	0,99	1,07

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tecnossolos derivados de rejeitos da mineração de scheelita apresentaram pH alcalino, elevada disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} e limitações relacionadas ao teor de K^+ e fósforo disponível. A acidez potencial aumentou ao longo da cronosequência, enquanto a granulometria diferenciou os perfis: o tecnossolo mais jovem apresentou maior proporção de silte e argila, e o mais antigo, maior teor de areia.

As concentrações totais de elementos terras raras (ETRs) variaram de 64,41 a 148,30 mg kg^{-1} (2 anos) e de 80,99 a 147,48 mg kg^{-1} (10 anos), com tendência de aumento ao longo do tempo. Os resultados indicaram predominância de ETRLs em relação aos ETRPs e ausência de fracionamento significativo entre os grupos. Foram observadas anomalias positivas e negativas de Ce e Eu, associadas à dinâmica geoquímica do material de origem e aos processos pedogenéticos.

De modo geral, os tecnossolos apresentaram concentrações médias de ETRs superiores às registradas em solos de algumas regiões do Brasil e do exterior, mas inferiores às médias globais da crosta terrestre. Esses resultados reforçam que os tecnossolos constituem ambientes geoquimicamente relevantes para estudos ambientais e agronômicos, com potencial de uso na recuperação de áreas degradadas e na avaliação de riscos ambientais associados aos ETRs.

10. CRONOGRAMA

Atividade	2024				2025							
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Revisão de Literatura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Visita e reconhecimento das áreas a serem selecionadas	x	x										
Seleção e coleta das amostras		x										
Preparo das amostras			x	x								
Análises físico-químicas do solo			x	x	x							
Determinação das concentrações de ETRs do solo				x	x	x						

Redação do relatório parcial						x	x	x				
Entrega do relatório parcial								x				
Processamento dos dados (análises estatísticas)							x	x	x	x		
Elaboração de resumos a serem apresentados em eventos científicos										x	x	x
Redação do relatório final										x	x	x
Entrega do relatório final												x

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFARO, M. R.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M., SILVA, Y. J. A. B., SILVA, Y. J. A. B.; ACCIOLY, A. M. A.; MONTERO, A.; UGARTE, O. M.; ESTEVEZ, J. Rareearthelement geochemistry in soils developed in different geological settings of Cuba. *Catena*, v. 162, p. 317-324, 2018.

ALVAREZ, J. R. E.; MONTERO, A. A.; JIMÉNEZ, N. H.; MUÑIZ, U. O.; PADILLA, A. R.; MOLINA, R. J.; VERA, S. Q. de. Nuclear and related analytical methods applied to the determination Cr, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in a red ferralitic soil and Sorghum samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 247, n. 3, p. 479-486, 2001.

BALARAM, V. *Geoscience Frontiers Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact*. *Geosciences*, v. 10, n. 4, p. 1285-1303, 2019.

COMPTON, J. S.; WHITE, R. A.; SMITH, M. Rare earth element behavior in soils and salt pan sediments of a semiarid granitic terrain in the Western Cape, South Africa. *Chemical Geology*, v. 201, p. 239-255, 2003.

CONNELLY, N. G.; DAMHUS, T.; HARTSHORN, R. M.; HUTTON, A. T. *Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations International Union of Pure and Applied Chemistry*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2005.

DUSHYANTHA, N. P.; PREMASIRI, H. M. R.; ABEYSINGHE, A. M. K. B.; ROHITHA, L. P. S.; RATNAYAKE, N. P.; DISSANAYAKE, D. M. D. O. K.; ILANKOON, I. M. S. K.;

DHARMARATNE, P. G. R. A comparison of global rare earth element (REE) resources and their mineralogy with REE prospects in Sri Lanka. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 200, 2020.

FABBRI, D.; PIZZOL, R.; CALZA, P.; MALANDRINO, M.; GAGGERO, E.; PADOAN, E.; AJMONE-MARSAN, F. Constructed Technosols: A Strategy toward a Circular Economy. *Applied Sciences*, v. 11, p. 3432, 2021.

GERAB, A. T. F. S. C. Utilização do resíduo grosso do beneficiamento da scheelita em aplicações rodoviárias. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

GODEIRO, M. L. S.; JÚNIOR, J. P. B.; FERNANDES, B. R. B.; LEITE, J. Y. P. Caracterização de Pré-Concentrado do Rejeito de Scheelita da Mina Brejuí em Concentrador Centrífugo. *Holos*, v.5, p. 81-90, 2010.

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS). World Soil Resources Reports, Vienna, Austria, FAO, 2022.

KOBAYASHI, Y.; IKKA, T.; KIMURA, K.; YASUDA, O; KOYAMA, H. Characterisation of lanthanum toxicity for root growth of *Arabidopsis thaliana* from the aspect of natural genetic variation. *Functional Plant Biology*, v. 34, p. 984-94, 2007.

KOPPEN, W. P. Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, p. 388, 1931.

MENÉNDEZ, I.; CAMPENY, M.; QUEVEDO-GONZÁLEZ, L.; MANGAS, J.; LLOVET, X.; TAULER, E.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; MÉNDEZ-RAMOS J. Distribution of REE bearing minerals in felsic magmatic rocks and paleosols from Gran Canaria, Spain: Intraplate oceanic islands as a new example of potential, non-conventional sources of rare earth elements. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 204, p. 270-288, 2019.

NIST - National Institute of Standards and Technology. Standard Reference Materials - SRM 2709, p. 2710-2711, 2002.

OLSEN, S. R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: Page, A. L. (ed.) Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties. Madison: Soil Science Society of America, v. 430, 1982.

RAM, R.; BECKER, M.; BRUGGER, J.; ETSCHMANN, B.; BURCHER-JONES, C.; HOWARD, D.; KOOYMAN, P. J.; PETERSEN, J. Characterisation of a rare earth element- and zirconium-bearing ionadsorption clay deposit in Madagascar. *Chemical Geology*, v. 522, p. 93-107, 2019.

RAMOS FILHO, R. E. B. Estudo da combinação de resíduo de scheelita, pó de pedra e manipueira com aglomerantes para produção de tijolos ecológicos. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

SADEGHI, M.; MORRIS, G. A.; CARRANZA, E. J. M.; LADENBERGER, A.; ANDERSSON, M. Rare earth element distribution and mineralization in Sweden: An application of principal component analysis to FOREGS soil geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 133, p. 160-175, 2013.

SILVA, C. M. C. A. C.; BARBOSA, R. S.; NASCIMENTO, C. W. A. N.; SILVA, Y. J. A. B.; SILVA, Y. J. A. B. Geochemistry and spatial variability of rare earth elements in soils under different geological and climate patterns of the Brazilian Northeast. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 42, p. 1-17, 2018.

SILVA, R. J. A. B. Pedogênese inicial de tecnossolos originados de rejeitos da mineração de scheelita no semiárido brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2023.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; editores técnicos. Manual de Métodos de Análise de Solo - 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TYLER, G.; OLSSON, T. Conditions related to solubility of rare and minor elements in forest soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 165, p. 594-601, 2002.

USEPA - US Environmental Protection Agency. Rare Earth Elements: A Review of Production, Processing, Recycling, and Associated Environmental Issues. 2012.

WEBER, R. J.; REISMAN, D. J. Rare earth elements: A review of production, processing, recycling, and associated environmental issues. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2012.

YEOMANS, J. C.; BREMMER, J. M. A. rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Science and Plant Nutrition*, v.19, p.1467-1476, 1988.

YOSHIDA, S.; MARAMUTSU, Y.; TAGAMI, K.; UCHIDA, S. Concentrations of lanthanide elements, Th, and U in 77 Japanese surface soils. *Environment International*, v. 24, p. 275–286, 1998.

12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELA BOLSISTA

Coautora do estudo intitulado DENSIDADE DE TECNOSSOLOS CONSTRUÍDOS HÁ 10 ANOS A PARTIR DE REJEITOS DE MINERAÇÃO, de autoria de Maeli Chryslaine Santiago do Nascimento; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva; **Ana Letícia Marinho Lima de Freitas**; Shaiany Isadora dos Santos Inácio; Valdomiro Severino de Souza Júnior, foi apresentado no formato de Poster durante a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, realizada de 16 a 20 de Setembro de 2024, na cidade de Arapiraca - AL.

Coautora do estudo intitulado DENSIDADE DE TECNOSSOLOS CONSTRUÍDOS HÁ 40 ANOS DERIVADOS DE REJEITOS DA MINERAÇÃO DE SCHEELITA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO de autoria de Gustavo Vieira Nunes; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva; **Ana Letícia Marinho Lima de Freitas**; Maeli Chryslaine Santiago do Nascimento; Valdomiro Severino de Souza Júnior, foi apresentado no formato de Poster durante a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, realizada de 16 a 20 de Setembro de 2024, na cidade de Arapiraca - AL.

Coautora do estudo intitulado pH E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM TECNOSSOLOS CONSTRUÍDOS HÁ 2 ANOS NO SEMIÁRIDO de autoria de Maria Isadora Araujo Targino Soares; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva; **Ana Letícia Marinho Lima de Freitas**; Maeli Chryslaine Santiago do Nascimento; Valdomiro Severino de Souza Junior, foi apresentado no formato de Poster durante a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, realizada de 16 a 20 de Setembro de 2024, na cidade de Arapiraca - AL.

Autora do estudo intitulado DENSIDADE DE TECNOSSOLOS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO HÁ DOIS ANOS NO SEMIÁRIDO de autoria de **Ana Letícia Marinho Lima de Freitas** ; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva; Maeli Chryslaine Santiago do Nascimento; Maria Isadora Araujo Targino Soares; Valdomiro Severino de Souza Júnior, foi apresentado no formato de Poster durante a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, realizada de 16 a 20 de Setembro de 2024, na cidade de Arapiraca - AL.

Autora do estudo intitulado INFLUÊNCIA DE ANFIBOLITOS NAS CONCENTRAÇÕES DE ELEMENTOS TERRAS RARAS EM LUVISSOLO EM AFOGADOS DA INGAZEIRA de autoria de **Ana Letícia Marinho Lima de Freitas**; Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva; Valdomiro Severino de Souza Júnior, foi apresentado no formato de Poster durante a VIII Reunião Nordestina de Ciência do Solo, realizada de 16 a 20 de Setembro de 2024, na cidade de Arapiraca - AL.


13. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Não foram identificadas dificuldades ou impedimentos relevantes ao longo do período avaliado; todas as atividades transcorreram conforme o planejado, não havendo pontos críticos a relatar neste relatório.

14. PARECER DO ORIENTADOR

Ana Letícia se destacou pela participação contínua, engajada e proativa em todas as atividades do projeto. Demonstrou responsabilidade exemplar e desempenho excelente em cada etapa desenvolvida. Sua capacidade investigativa é evidenciada pelo domínio do tema abordado, pela habilidade em redigir textos científicos com clareza e rigor e pela colaboração efetiva com a equipe de pesquisa. Em síntese, Ana Letícia apresenta maturidade acadêmica e perfil promissor para a continuidade na carreira científica.

Assinatura do Orientador

Documento assinado digitalmente
 ANA LETICIA MARINHO LIMA DE FREITAS
Data: 15/09/2025 13:08:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura da Aluna