

Dossiê Parque Estadual do Turvo (PET) - Yucumã

Características do basalto fácies campos novos da Formação Serra Geral e análise físico-química dos solos da Zona de Preservação e Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Turvo (RS)

Characteristics of the campos novos basalt facies of the Serra Geral Formation and physicochemical analysis of the soils of the Preservation Zone and Buffer Zone of Turvo State Park (RS)

Características de las facies nasálticas campos novos de la Formación Serra Geral y análisis fisicoquímico de los suelos de la Zona de Preservación y Zona de Amortiguamiento del Parque Estatal Turvo (RS)

Nilson Ferreira dos Santos^I , Malva Andrea Mancuso^I , Fernando Pasini^{II} , Gustavo Delmar Kehl^I , Gabriel Baraldi Volpi^I 

^I Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, Brasil

^{II} Universidad Tecnológica del Uruguay, Durazno, Uruguay

RESUMO

O Parque Estadual do Turvo (PET) é um remanescente de Mata Atlântica localizado às margens do Rio Uruguai, em zona de fronteira entre o Brasil e a Argentina. O PET, Zona de Preservação (ZP), abriga uma importante biodiversidade e tem na sua Zona de Amortecimento (ZA) intensas atividades agrícolas. Algumas das drenagens que adentram no parque, nascem na ZA, atravessando as áreas de plantio e chegando a ZP, estas bacias foram delimitadas e compõem a área de estudo. Para caracterização da área foram realizadas análises físicas e químicas em 33 amostras de solos coletadas no interior do PET e na ZA; e análises químicas de uma amostra de rocha coletada no PET. A rocha magmática pode ser classificada entre Basalto e Basalto Andesítico. Os solos são principalmente argilosos e franco argilo siltosos, com características ácidas. Os solos do interior do Parque apresentaram teores inferiores de Cr, Co e Pb que os solos da zona lindeira do PET com a Zona de Amortecimento (que recebe manejo agrícola intensivo). Não foram observadas diferenças significativas entre os teores de Cr, Co e Pb entre os solos coletados na zona lindeira do PET - ZA, indicando a semelhanças no enriquecimento desses metais na composição química.

Palavras-chave: Geopedologia; Unidade de conservação; Metais pesados

ABSTRACT

Turvo State Park (PET) is a remnant of the Atlantic Forest located along the banks of the Uruguay River, in the border area between Brazil and Argentina. The PET, a Preservation Zone (ZP), harbors significant biodiversity and experiences intense agricultural activities within its Buffer Zone (ZA). Some of the drainage systems that flow into the park originate in the ZA, crossing cultivated areas and reaching the ZP. These watersheds have been delineated and constitute the study area. To characterize the region, physical and chemical analyses were conducted on 33 soil samples collected within the PET and in the ZA. Additionally, chemical analyses were performed on a rock sample collected within the PET. The magmatic rock can be classified as either Basalt or Andesitic Basalt. The soils are predominantly clayey and silty loam, with acidic characteristics. Soils within the interior of the park exhibited lower levels of Cr, Co, and Pb compared to soils in the border zone between the PET and the Buffer Zone (which undergoes intensive agricultural management). No significant differences in Cr, Co, and Pb levels were observed between soils collected in the border zone of the PET - ZA, indicating similarities in the enrichment of these metals in the chemical composition.

Keywords: Geopedology; Conservation area; Heavy metals

RESUMEN

El Parque Estatal Turvo (PET) es un remanente de la Mata Atlántica ubicado a orillas del Río Uruguay, en la zona fronteriza entre Brasil y Argentina. El PET, una Zona de Preservación (ZP), alberga una biodiversidad importante y tiene en su Zona de Amortiguamiento (ZA) actividades agrícolas intensas. Algunos de los drenajes que ingresan al parque nacen en la ZA, atraviesan las áreas de cultivo y llegan a la ZP. Estas cuencas han sido delimitadas y componen el área de estudio. Para la caracterización del área, se realizaron análisis físicos y químicos en 33 muestras de suelo recolectadas dentro del PET y en la ZA, así como análisis químicos de una muestra de roca recolectada en el PET. La roca magmática puede clasificarse entre Basalto y Basalto Andesítico. Los suelos son principalmente arcillosos y franco arcilloso-siltosos, con características ácidas. Los suelos del interior del Parque presentaron niveles más bajos de Cr, Co y Pb que los suelos de la zona limítrofe del PET con la Zona de Amortiguamiento (que recibe una intensa gestión agrícola). No se observaron diferencias significativas en los niveles de Cr, Co y Pb entre los suelos recolectados en la zona limítrofe del PET - ZA, lo que indica similitudes en el enriquecimiento de estos metales en la composición química.

Palabras-clave: Geopedología; Área de conservación; Metales pesados

1 INTRODUÇÃO

O Parque Estadual do Turvo (PET) foi criado em 1947 pelo Decreto nº 2.312 (Rio Grande do Sul, 1947) como uma reserva florestal, e em 1965 por meio do Decreto nº 17.432 (Rio Grande do Sul, 1965) é elevado à categoria de Parque Estadual, sob a qual se impõem mais restrições ao seu uso. Sua área abrange 17.491,40 ha de mata preservada, tendo duas entradas de acesso: a entrada norte aberta à visitação

do público, e a entrada sul com acesso restrito aos colaboradores, pesquisadores e eventuais terceiros autorizados pela gestão. Toda região delimitada está inserida no território do município de Derrubadas - RS, o qual faz fronteira, por meio do Rio Uruguai, com a Argentina (Sema, 2005).

O município de Derrubadas faz parte da região Celeiro do estado do Rio Grande do Sul (RS), nome este dado devido à alta produtividade de grãos, que são colhidos regionalmente (Trennepohl; Macagnan, 2008). A expansão do agronegócio tem aumentado a pressão pelo uso de terras agricultáveis, e o Parque, que é área de preservação, mantém-se como um fragmento quase isolado em território nacional. O extensivo uso das terras lindeiras para monocultivos agrícolas, pode colocar em risco o ecossistema preservado, pois aumenta as possibilidades de ingresso de contaminantes para o interior do parque, por vias de dispersão atmosférica e hídrica, visto que vários corpos hídricos que alimentam o PET nascem no exterior dos limites da área de preservação, fluindo posteriormente para o interior do parque. Ainda, deve-se considerar as interações dinâmicas da fauna entre a zona de preservação (ZP) e a zona de amortecimento (ZA) do Parque.

Além disso, a fragmentação das áreas florestais protegidas provoca estresse ambiental, favorecendo a poluição em detrimento da manutenção dos ecossistemas protegidos, o que pode gerar incompatibilidade com a finalidade de preservação da flora, da fauna, de corpos d'água, dos micro-organismos e das paisagens naturais (Hassler, 2005).

Além da importância de preservação da diversidade de fauna e flora de mata atlântica, característica do local, o Parque abriga uma importante formação geológica, o Salto do Yucumã, uma queda de água no sentido longitudinal, com mais de 1800 m de extensão, que o torna um dos mais importantes pontos turísticos do noroeste gaúcho (Sema, 2005).

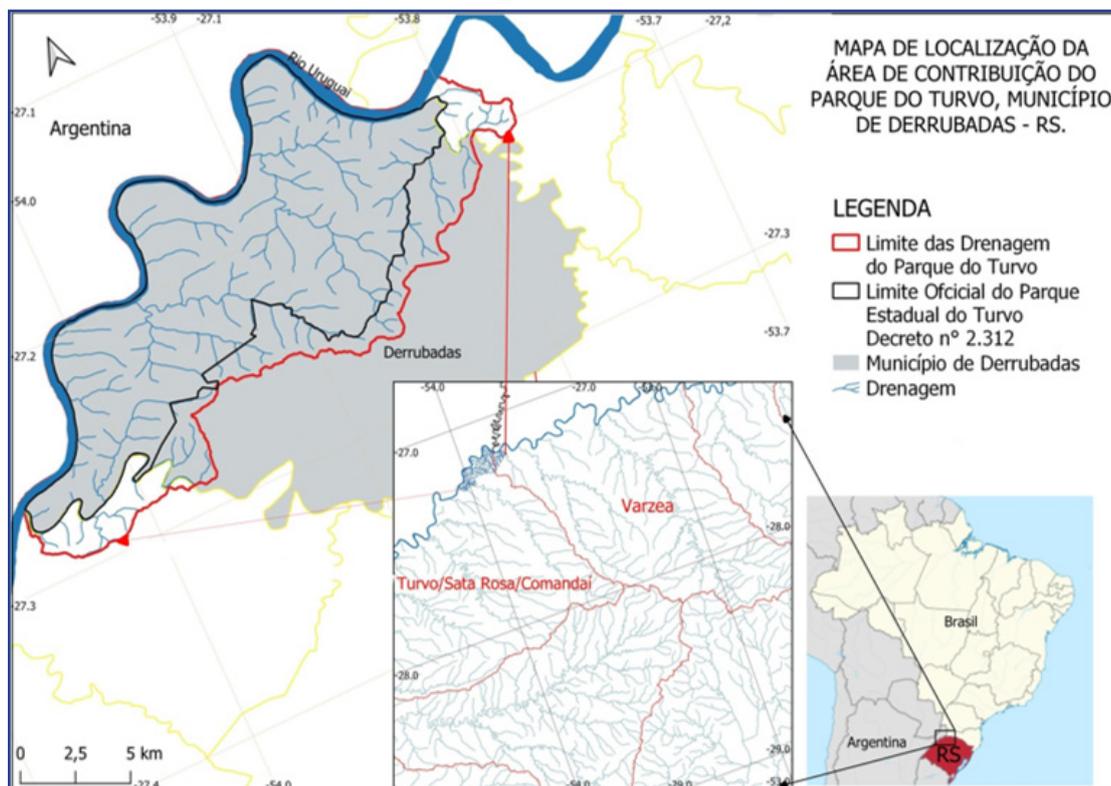
O Salto do Yucumã foi formado por derrames de magma basáltico da Formação Serra Geral, que tem natureza fissural e recobre cerca de 75% da bacia do Paraná, formação que se estende em âmbito regional (Nardy *et al.*, 2002). Em 2013 a CPRM

realizou um mapeamento que hierarquiza as Fácies dos derrames basálticos no Noroeste do Estado (CPRM, 2013). Nele, o Parque Estadual do Turvo está inserido sobre quatro Fácies de derrames: Campo Erê, Cordilheira, Campos Novos e Fácies Capanema (CPRM, 2013). O que se reflete na pedologia local, que é formada por Cambissolos Haplicos e Latossolos Vermelhos (IBGE, 2021).

Dada a importância do Parque Estadual do Turvo, este trabalho tem por objetivo mapear a área correspondente às bacias hidrográficas que drenam da zona de amortecimento (ZA) para a área de preservação (ZP), atravessando terras agrícolas e definir suas características geológicas e pedológicas, com vista a contribuir com o conhecimento científico da região.

2 LOCALIZAÇÃO

Figura 1 - Localização do Parque Estadual do Turvo (RS), com destaque para a delimitação das bacias das drenagens que adentram na área de preservação



Fonte: Delimitação da bacia de drenagem realizada pelos autores (2023), Google Satélite (2023), Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, (EPSG/SIRGASIBGE2000). EPSG:4674/7.4 (ANA, 2016), (IBGE, 2021)

Nota: Destaque para as drenagens que adentram no PET, com a delimitação (em linha preta) da área de preservação, que corresponde ao limite oficial estabelecido pelo Decreto nº 2.312 (RIO GRANDE DO SUL, 1947), e a delimitação das bacias hidrográficas de contribuição para o PET (em linha vermelha)

O Parque Estadual do Turvo está localizado na fronteira do Brasil com a Argentina no município de Derrubadas, região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS) entre as bacias hidrográficas Turvo/Santa Rosa/Comandai e Várzea, sob as coordenadas 27° 8' 44" S, e 53° 53' 10" W. A Figura 1, apresenta os seus limites e dá destaque para as bacias hidrográficas que tem suas nascentes na área externa (zona de amortecimento ZA do PET) e fluem para o interior da área de preservação ZP. O clima do município é classificado como subtropical e a vegetação como Floresta Estacional Decidual Submontana (EMBRAPA, 2006). Cerca de 50% do território municipal é ocupado pelo PET.

3 METODOLOGIA

A caracterização geológica do PET foi realizada a partir de levantamento bibliográfico, complementado pela obtenção e caracterização física e química de amostras de rochas basálticas coletadas nas coordenadas, (27°14'11,91" S, 53°58'40,01" W). As amostras de rochas foram retiradas de uma zona de clareira localizada a 6 km do limite do PET e as análises dos elementos químicos foram realizadas utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raios X, da marca Shimadzu, modelo EDX- 720. O Espectrômetro de fluorescência de raios X, apresenta como resultado um gráfico onde cada "pico de máxima" da análise corresponde à identificação de um, ou de um conjunto de elementos químicos distintos presentes na amostra. Posteriormente é apresentada numa tabela, onde são identificadas as porcentagens em que esses elementos identificados estão presentes na amostra. O mapa geológico foi elaborado a partir da folha Três Passos SG-2G-Y-C-I CPRM (2013), e recortado a partir da base de dados da (BHO) da ANA, considerando o limite das bacias que drenam para o interior do parque.

A caracterização pedológica dos solos do PET foi realizada a partir de levantamento bibliográfico, complementado pela coleta e caracterização física de amostra de solo indeformada retirada da zona de amortecimento do PET, na coordenada geográfica 27°14'51.12" S, 53°56'55.70".

O mapa Pedológico foi elaborado a partir da base de dados ambientais do BDIA/IBGE e da imagem raster da base de dados do TOPODATA (INPE, 2008). O mapa de

uso e ocupação do solo foi desenvolvido por meio do levantamento y delimitação das feições características da área do Parque Estadual do Turvo, incluindo a densidade de vegetação, onde o parâmetro balizador está relacionado à disposição heterogênea das copas das árvores. Esse processo foi realizado a partir da análise de imagens de satélite, pois permite distinguir com acurácia a vegetação antrópica da vegetação da área de preservação. As feições foram inicialmente feitas no programa Google Earth no formato KML, e posteriormente convertidas para SHP no software Qgis 3.28, onde utilizando a função zoom todas as feições foram identificadas e delimitadas a partir de imagens do Google Satellite de 2023, ferramenta QuikMapService.

Na delimitação das bacias de contribuição do PET foi possível constatar que a vegetação natural se estende ao longo dos cursos de água que fluem em direção ao parque e formam as matas ciliares. A área de contribuição hídrica do parque é maior (aproximadamente 60 km²) do que a área definida como limites do PET pelo Decreto nº 2.312/1947 (Rio Grande do Sul, 1947).

Para a caracterização dos solos do Parque e da Zona de Amortecimento (faixa lindeira do PET), foram coletadas 22 amostras, sendo 11 no interior da área de conservação, a 4 m do limite do PET, e 11 na Zona de Amortecimento (a 1 m do PET) (Figura 2). As coletas foram realizadas a uma profundidade de 0 a 20 cm. Foi determinado o pH (com pHmetro de bancada marca Digimed), a Condutividade Elétrica (com condutímetro, de bancada marca Digimed), o potencial de oxirredução (Eh) (com eletrodo para ORP em medidor portátil multiparamétrico digital marca Digimed); assim como a composição química por meio da técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, aplicada com o equipamento (modelo Shimadzu EDX-720).

Foram determinados os teores de Cr, Co e Pb presentes nas 22 amostras de solo, e em mais 10 amostras coletadas na zona central da Unidade de Conservação, com vista a caracterizar os solos do PET e identificar a variabilidade química em relação aos solos localizados próximos (internos) e na Zona de Amortecimento (externos).

Também, foram realizadas determinações granulométricas por meio do uso de

peneiras, conforme a NBR 7181 (ABNT, 2016), das 22 amostras coletadas em local próximo ao limite do Parque (11 internas e 11 externas).

Figura 2 – Coleta de amostra de solo na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Turvo. Área não cultivada lindeira (externa) à unidade de conservação



Fonte: Organizado pelos autores (agosto 2018)

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5%. Os dados originais também são apresentados na forma de BoxPlot e gráfico de pontos para melhor visualização e comparabilidade entre as distintas áreas.

4 GEOLOGIA

4.1 Geologia Regional

A área de estudo está inserida na bacia do Paraná, que é geologicamente constituída por seis supersequências de rochas que são unidades estratigráficas de

ampla escala com idades diferentes, separados por discordâncias erosivas, essas supersequências de rochas são: Supersequência Rio Ivai (Caradociano-Landoveriano), Supersequência Paraná (Lockoviano-Fransniano), Supersequência Gondwana I (Westphaliano-Scythiano), Supersequência Gondwana II (Neoanisiano-Eonoriano), Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Berriasiano) e Supersequência Bauru (Aptiano-Maastrichtiano). As três últimas unidades fazem parte de grandes ciclos transgressivos - regressivos paleozóicos, as três primeiras são depósitos de origem continental mesozóico e rochas ígneas associadas (Milani, 1997).

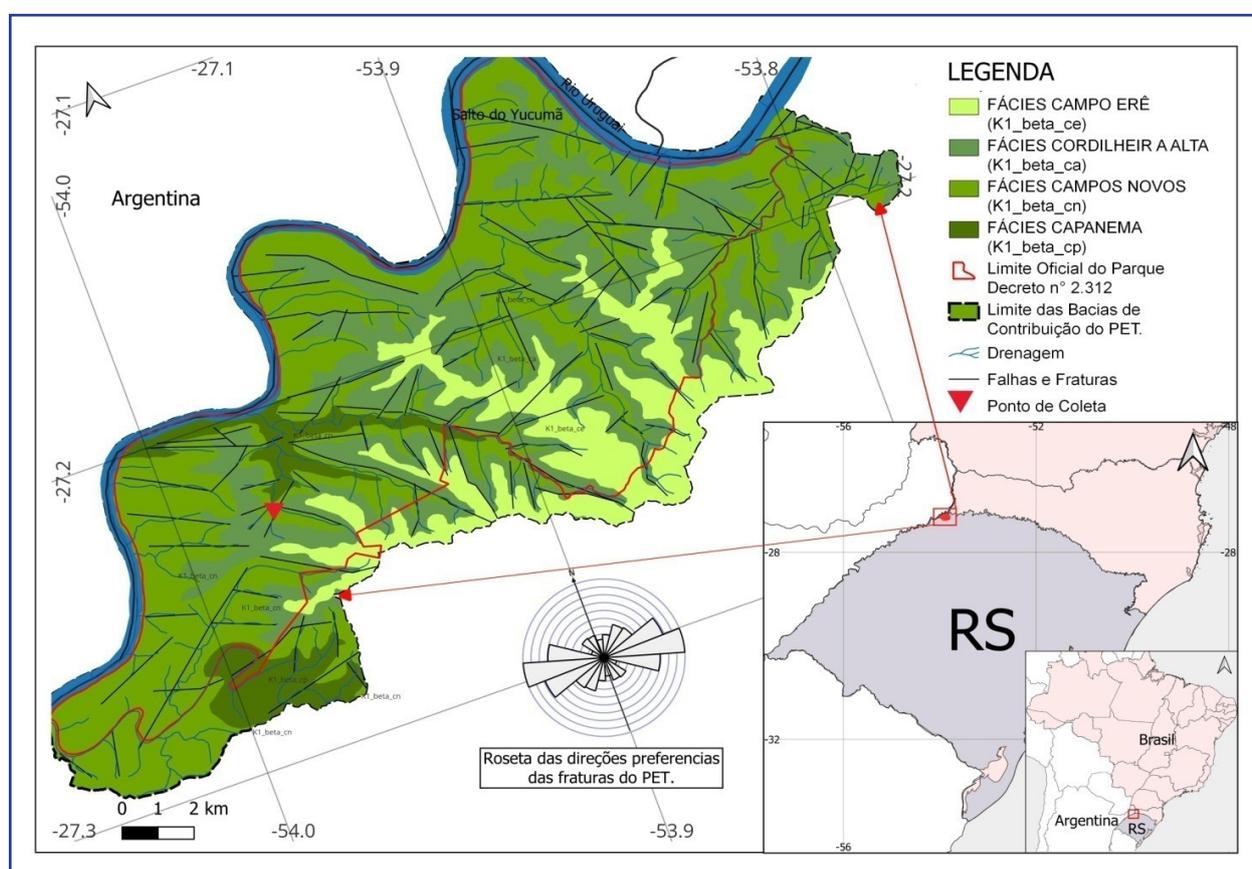
A bacia do Rio Paraná estende-se pelos estados do RS, SC, PR, SP e MS, em território Brasileiro, e por países limítrofes situados ao sul do Brasil, como o Uruguai, o Paraguai e a Argentina. A bacia do Rio Paraná que esta inserida dentro da Bacia do Rio da Prata, possui extensão territorial de aproximadamente 1,5 milhão de km². Com formato ovalado e seu eixo maior em posição submeridiana, conceitualmente é classificada como bacia intracratônica, localizada inteiramente no interior continental da placa sul-americana, sem contato direto com as margens desta placa (Milani *et al.*, 2007).

Os pacotes rochosos da bacia do Paraná podem chegar a 8 km de espessura, sendo formados por rochas ígneas e sedimentares, depositadas em ambiente marinho e continental com intervalos glaciais e desérticos (Fonseca, 1999).

O município de Derrubadas está localizado sobre os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, a qual é constituída por basaltos fraturados, com estruturas vesículo-amigdaloidais, que apresentam capas de alteração como características. A paragênese inclui minerais como: plagioclásio cálcico e piroxênio, magnetita, ilmenita e, algumas vezes, olivina e apatita. Ocorrem amígdalas preenchidas por quartzo, carbonatos, zeolitas, calcedônia e minerais argilosos de coloração esverdeada. O derrame está dividido em quatro Fácies com idades coetâneas, porém com estrutura, espessura e química diferente: Fácies Campo Erê, com Basaltos afaníticos a faneríticos de cor cinza e tom azul, crosta de alteração bege a alaranjada; Fácies Cordilheira Alta, com Basaltos afaníticos e faneríticos finos a microporfiríticos, hipohialinos, de cor cinza clara e tom azul, oxidados a tons vermelhos, crosta de alteração bege alaranjada;

Fácies Campos Novos, com Basaltos hipohialinos afaníticos a faneríticos e porfiríticos, com frequência granulares hipidiomórficos, de cor cinza escura com tom verde escuro e crosta de alteração amarelo-gema distintiva; e Fácies Capanema, com Basaltos faneríticos médios a afaníticos, eventualmente porfiríticos, hipocristalinos, com tom vinho e crosta de alteração rosada. O conjunto de derrames apresenta compostos alto volátil tipo 'a' e diques com raiz na zona de topo de derrame (CPRM, 2013).

Figura 3 – Mapa Geológico do Parque Estadual do Turvo (RS) com delimitação das bacias de contribuição do parque



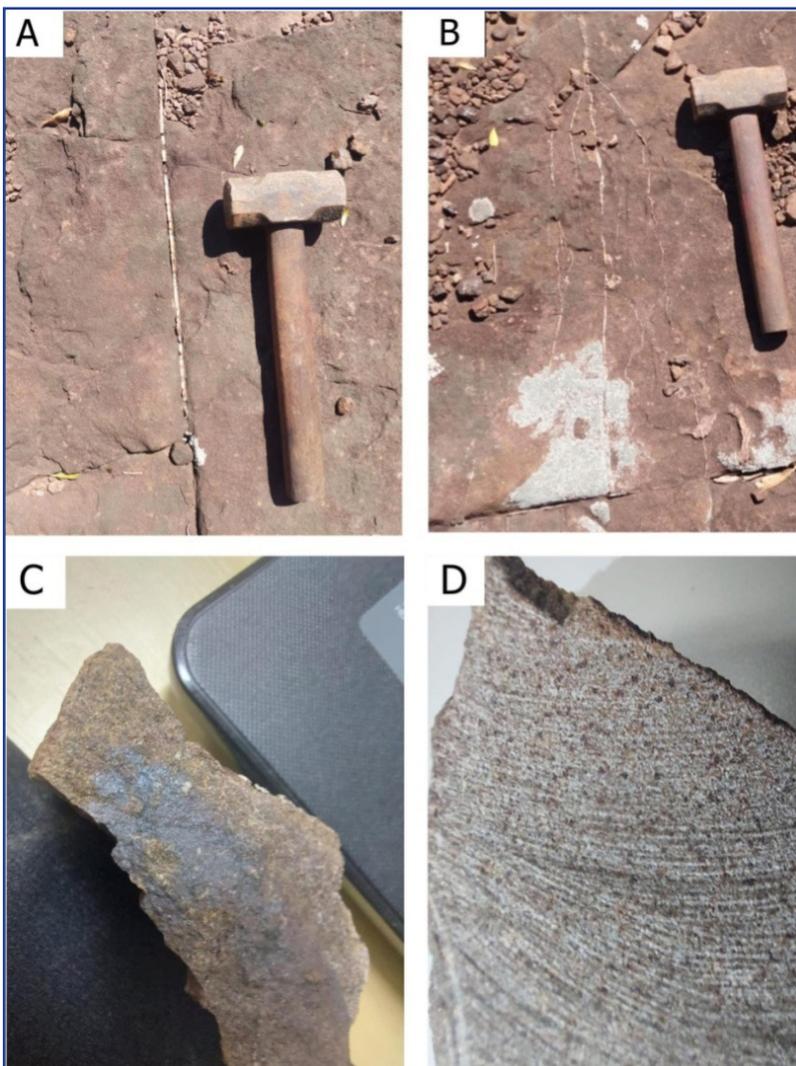
Fontes: Delimitação das bacias de drenagem do PET: realizada pelos autores (2023). Mapa Geológico: Folha Três Passos SG-2G-Y-C-I, Escala 1:100.000 (Bergmann; Povenzano, 2014). Base Hidrográfica Otocodificada (BHO) do Rio Uruguai: (EPSG/SIRGAS 2000 (EPSG: 4674) /7.4 Ana (2016). Delimitação política: BDIA/IBGE (IBGE, 2021)

Nota: Em vermelho, a delimitação oficial do parque definida no Decreto nº17.432, de 11 de agosto de 1965 (Rio Grande do Sul, 1965). O Triângulo marca o local de coleta da amostra de rocha analisada. O Diagrama de roseta indica as direções preferências (Leste - Oeste) das fraturas

No interior do Parque, em zona com vegetação rasteira, foi identificado o afloramento rochoso que foi objeto deste estudo (Figura 3). O afloramento está localizado na porção centro sul e apresenta exposição da Fácies basáltica Campos

Novos. Nesse local, as rochas apresentam tonalidade vermelho acastanhado com composição granulométrica de fina a muito fina com pequenos pórfiros, cristais de plagioclásio, piroxênios e pequenas zonas com acúmulo de mineral metálico de cor cinza prateada. A rocha encontra-se em processo inicial de alteração, com preservação das suas feições primárias.

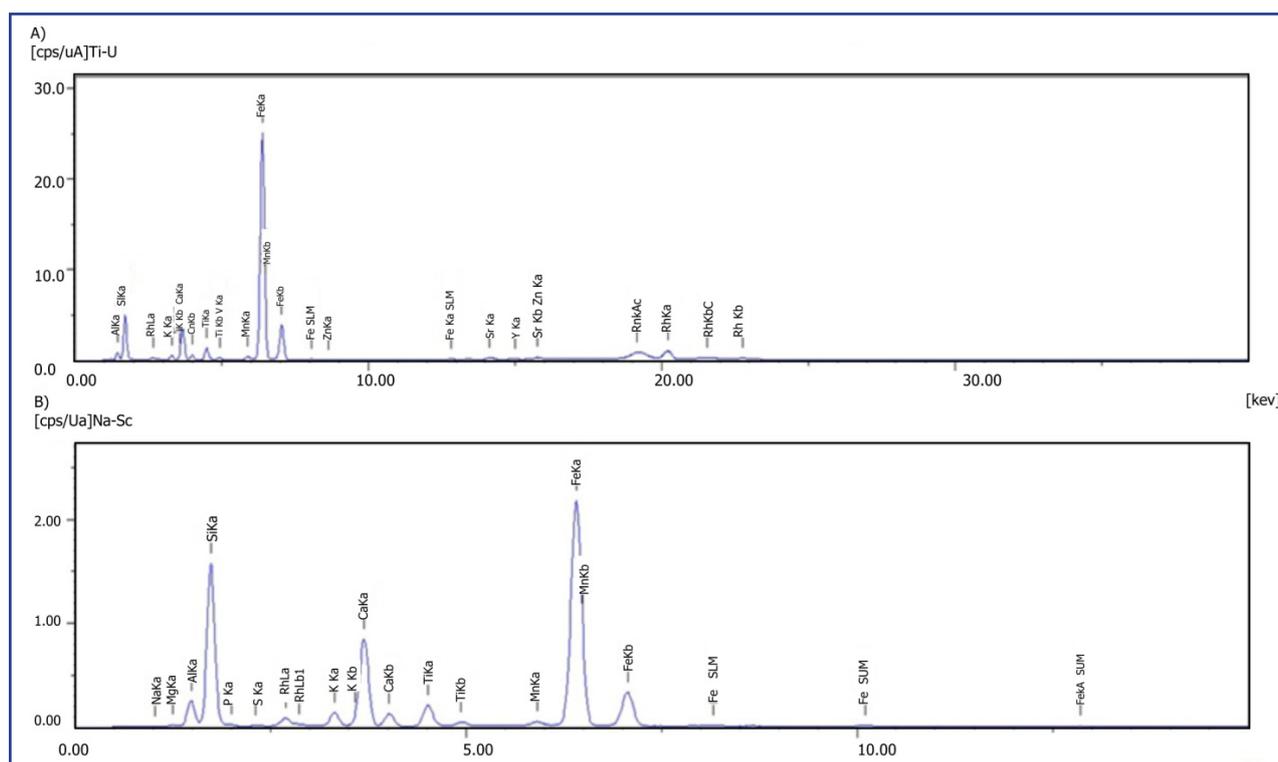
Figura 4 – Registro fotográfico de rochas basálticas do PET. (A) Afloramento basáltico de cor vermelho acastanhada com fratura preenchida por quartzo (B) Afloramento basáltico com fraturas em formato paralelo e paralelo dendrítico. (C) Basalto com granulométrica fina com pequenos pórfiros, cristais de plagioclásio, piroxênios e pequenas zonas com acúmulo de mineral metálico de cor cinza prateada (Fe) incrustado por entre os cristais dos minerais supracitados. (D) Basalto Laminado, com presença de pequenos pórfiros de piroxênio e plagioclásio em matriz afanítica



Fonte: Organizado pelos autores (maio, 2023)

A rocha é altamente fraturada e algumas destas fraturas são preenchidas por pequenos veios de quartzo. As fraturas de maior porte, de modo geral, têm direção preferencial Leste – Oeste e o diagrama de roseta (Figura 3) esboça a tendência estrutural da área de estudo. As fraturas de menor porte estão associadas aos estágios de resfriamento do magma (diaclasamento) assumindo diversas direções (Figura 4). Em algumas amostras é possível observar mineralização de Fe (Figura 4C) sendo esse o terceiro elemento mais abundante encontrado na amostra.

Figura 5 – Espectros de raios X característicos das amostras de rocha basáltica coletada no Parque Estadual do Turvo (Derrubadas, RS) em 2023. (A) Tensão do tubo de 15 keV (Ti a U) com pico maior para o elemento Fe. (B) Tensão do tubo de 50 keV (Na a Sc) com picos para Si, Ca, Fe, Mn



Fonte: Organizado pelos autores (novembro, 2023)

Nota: Análises Realizadas pelo Laboratório de Análises e Pesquisas Químicas (LAPAQ) da UFSM/FW

Basaltos são rochas silicáticas de origem vulcânica, com granulométrica fina (com grãos inferiores a 1 mm) a afaníticas, com teores de SiO_2 em torno de 45 – 52%, (Teixeira *et al.*, 2009). Os basaltos encontrados na Formação Serra Geral, e que se

estendem ao longo da Bacia do Paraná, têm teores médios de sílica que variam entre 50 e 53% e quantidades relativas de Mg, Ca e P (Nardy *et al.*, 2008). A Fácies basáltica analisada na área do PET estão dentro da proporção média de sílica, com porcentagens referentes aos outros elementos aceitáveis para o tipo de rocha, porém, estes tendem a ter maior variação dentro do espectro litológico vulcânico (Figura 5 e Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química de rocha basáltica coletada no Parque Estadual do Turvo (RS) determinada pelo método de Espectrofotometria de Fluorescência de Raios X (EDR)

Resultado da Análise Quantitativa					
Elemento	Resultados (%)	Desvio Padrão	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
SiO ₂	52,093	0,078	Quan-FP	SiKa	18,162
Al ₂ O ₃	16,150	0,064	Quan-FP	AlKa	2,805
Fe ₂ O ₃	14,133	0,016	Quan-FP	FeKa	211,250
CaO	8,983	0,017	Quan-FP	CaKa	11,162
TiO ₂	2,125	0,012	Quan-FP	TiKa	9,735
MgO	2,075	0,045	Quan-FP	MgKa	0,148
Na ₂ O	1,763	0,095	Quan-FP	NaKa	0,035
K ₂ O	1,497	0,008	Quan-FP	KKa	1,614
P ₂ O ₅	0,593	0,016	Quan-FP	PKa	0,246
MnO	0,237	0,003	Quan-FP	MnKa	3,013
SO ₃	0,154	0,004	Quan-FP	SKa	0,127
V ₂ O ₅	0,079	0,005	Quan-FP	VKa	0,463
SrO	0,051	0,001	Quan-FP	SrKa	3,025
ZrO ₂	0,041	0,001	Quan-FP	ZrKa	2,506
ZnO	0,018	0,001	Quan-FP	ZnKa	0,402
Y ₂ O ₃	0,010	0,001	Quan-FP	YKa	0,589

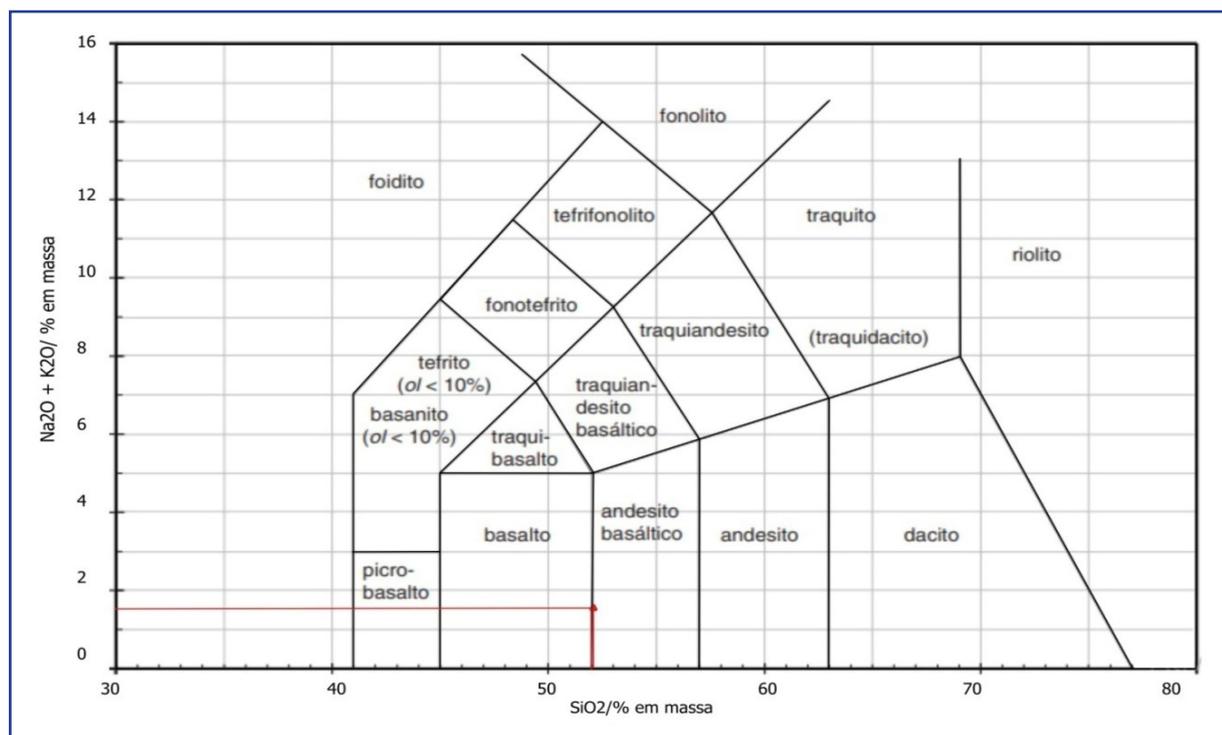
Fonte: Organizado pelos autores (novembro, 2023)

Nota: Gráfico de resultado da análise do basalto Fácies Campos Novos. A segunda coluna indica a porcentagem dos elementos presentes na amostra. O SiO₂ perfaz mais da metade da composição da rocha 52,093%, seguido de Al₂O₃ e Fe₂O₃ que juntos somam 30,283% da composição. E o teor de álcalis Na₂O + K₂O somou 3.36%

Os resultados encontrados nas análises da rocha retirada do parque indicam que têm um teor de sílica de 52,092%, o que segundo o diagrama de TAS (Figura 6) a coloca no limite entre basalto e basalto andesito. Análises químicas efetuadas em basaltos coletados no município de Torres (RS), e realizadas por meio de Fluorescência

de Raios X (FRX), indicam teores de sílica de 56,8% na rocha (Tabela 2), caracterizando-a como um basalto andesito (Theodoro *et al.*, 2021). Essa zona compreende a porção leste da formação Serra Geral.

Figura 6 – Diagrama de TAS mostrando os campos para os tipos de rochas comuns designados pela Subcomissão para a Sistemática de Rochas Ígneas da IUGS (Le Maitre, 2002)



Fonte: Adaptado de Gill (2014)

Nota: A intersecção das linhas vermelhas indica o resultado da análise da rocha coletada no Parque do Turvo. A Média da soma entre Na_2O e K_2O dá o teor de álcalis na reta vertical e o SiO_2 o teor de sílica na reta Horizontal

Tabela 2 – Características químicas (espécie química e respectiva porcentagem média) de rocha basáltica na região Leste da bacia do Rio Paraná, Município de Torres, RS, obtidas por meio do método de Espectrofotometria de Fluorescência de Raios X

Média (%) do conteúdo dos principais componentes de amostras de basalto da Formação Torres (RS), analisados por Fluorescência de Raios X (FRX)									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	Na_2O	Ti_2O	MnO
56,8	14,4	9,8	6.92	3.91	2.5	0.27	2,68	1.29	0.15

Fonte: Adaptado de Theodoro *et al.*, 2021

O Teor de Fe e Ti nas análises dos basaltos do Parque Estadual do Turvo apresentam valores consideravelmente mais elevados se comparado com as análises realizadas na margem Leste da bacia. Essas variações dos teores químicos se devem à diversidade faciológica presente nos derrames da bacia do Paraná. As variações mineralógicas de cada derrame fazem com que cada Fácies apresente uma variação química diferente.

O mapa Geológico de Três Passos/RS Folha SG-2G-Y-C-I, elaborado pela CPRM (2013), caracteriza os derrames como sendo do cretáceo inferior. Este período tem uma variação temporal que vai de 145,5 Ma até 65,5 Ma, logo é justificável que os hiatos de tempo entre um pulso vulcânico e outro gerem rochas com químicas distintas, mas variando dentro do limite da química das rochas básicas.

De acordo com o Diagrama de TAS e os resultados químicos da amostra, a rocha da Fácies Campos Novos está no limite entre campo de Basalto e Basalto Andesítico; o que é corroborado pelas porcentagens variáveis de sílica encontradas por Hartmann (2014), Bergmann (2014) e Nardyet *al.* (2008).

5 PEDOLOGIA E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

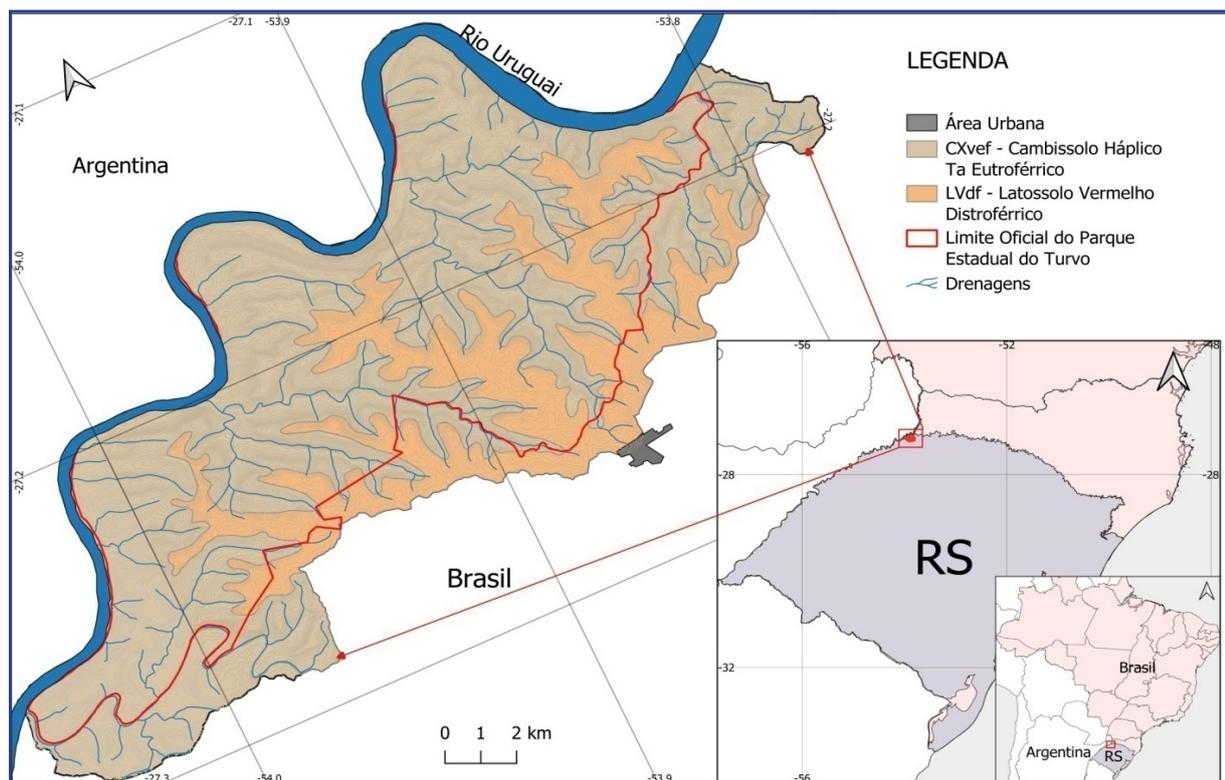
De acordo com o Projeto Radam Brasil (IBGE, 1986), a composição de solos do Parque Estadual do Turvo é uma Associação Complexa de Cambissolo Eutrófico e Distrófico Ta e TbA Chernozêmico e Moderado, textura argilosa fase pedregosa com Solos Litólicos Eutróficos a Chernozêmico, com textura média e argilosa com fase pedregosa, o substrato de basalto se observa em relevo forte ondulado e montanhoso (Figura 7). Ocorrem, ainda, Latossolos Roxo Distróficos a Moderados com proeminente textura muito argilosa, em relevo suave ondulado.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS (EMBRAPA, 1999) insere o Parque Estadual do Turvo sobre a unidade de mapeamento denominada Associação Ciríaco Charrua, ocupando uma ampla região que drena para a bacia hidrográfica do Rio Uruguai, pela sua margem esquerda, no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Na área do Parque Estadual do Turvo, a unidade Ciríaco ocupa a meia encosta dos

vales junto com a unidade Charrua, desenvolvendo-se nas encostas mais íngremes e fundo dos vales. Nas áreas mais aplainadas, que formam o topo dos divisores de água e se desenvolvem perpendicularmente ao Rio Uruguai, as duas unidades apresentam uma ocorrência bastante irregular evidenciando o seu caráter de associação de solos.

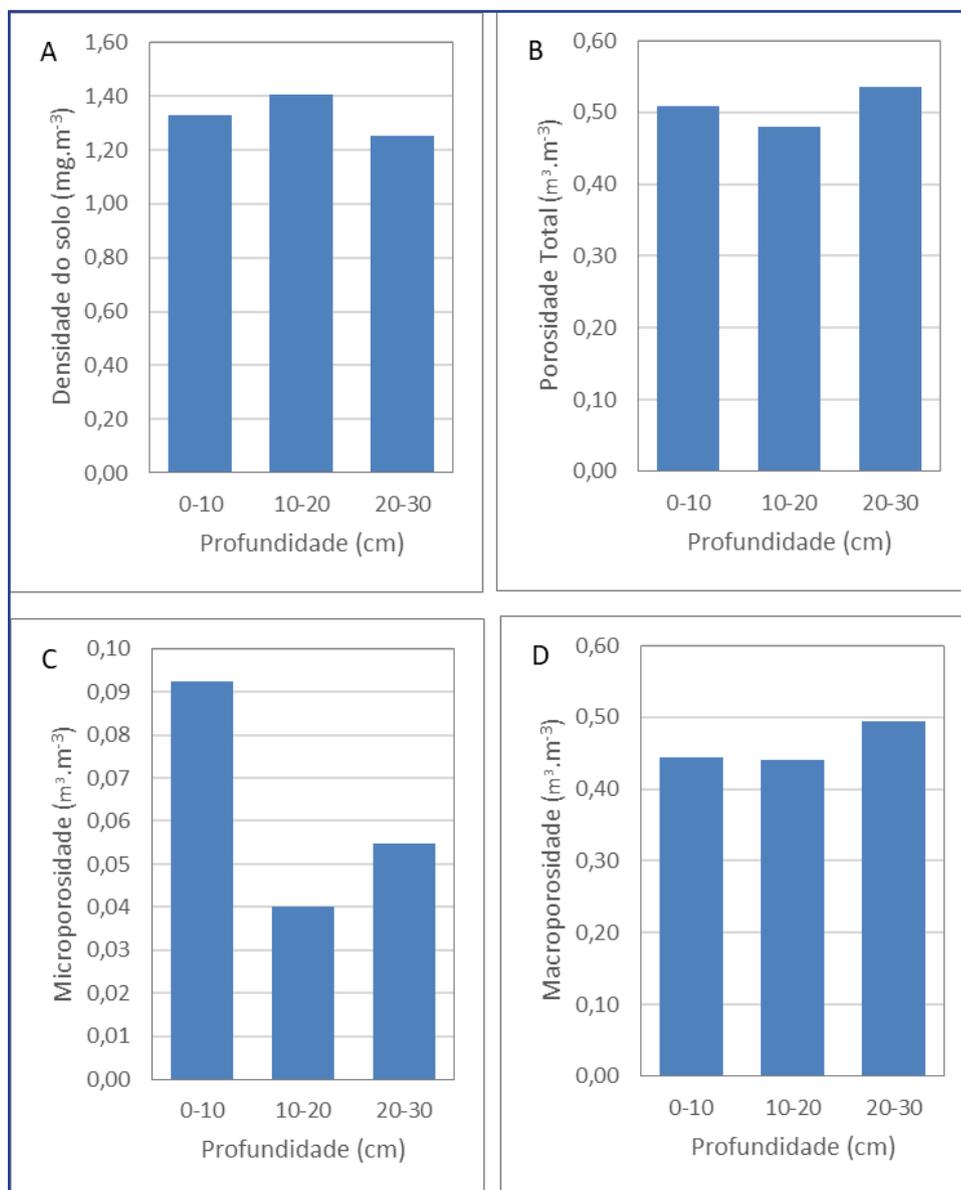
Figura 7 – Mapa Pedológico da área de drenagem do Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul



Fontes: Delimitação proposta pelo Autor (2023) em base a IBGE (2021), TOPODATA (INPE, 2008), Decreto n° 2.312 (RIO GRANDE DO SUL, 1947), Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, (EPSG/SIRGAS, 2000; (EPSG:4674) / 7.4 Ana (2016)

Os latossolos se estendem paralelos ao Rio Uruguai, desde a zona central do parque adentrando na zona de amortecimento do PET (atualmente áreas de uso agrícolas) (Figura 8). Estes solos estão restritos, em sua maior parte, às maiores altitudes, que configuram os topos de morros aplainado. Correlatadamente à geologia local, os latossolos se desenvolvem sobre a Fácies Campo Erê (k1 bce), e Fácies Cordilheira Alta (K1 bca); e os cambissolos desenvolvem-se nas Fácies Campos Novos (K1 bcn) e Capanema (K1 bcp) (Figura 3 e Figura 7).

Figura 8 – Análises físicas de amostras de solo coletadas na Zona de Amortecimento, lindeira ao acesso sul do Parque Estadual do Turvo. A. Densidade. B. Porosidade total. C. Microporosidade. D. Macroporosidade

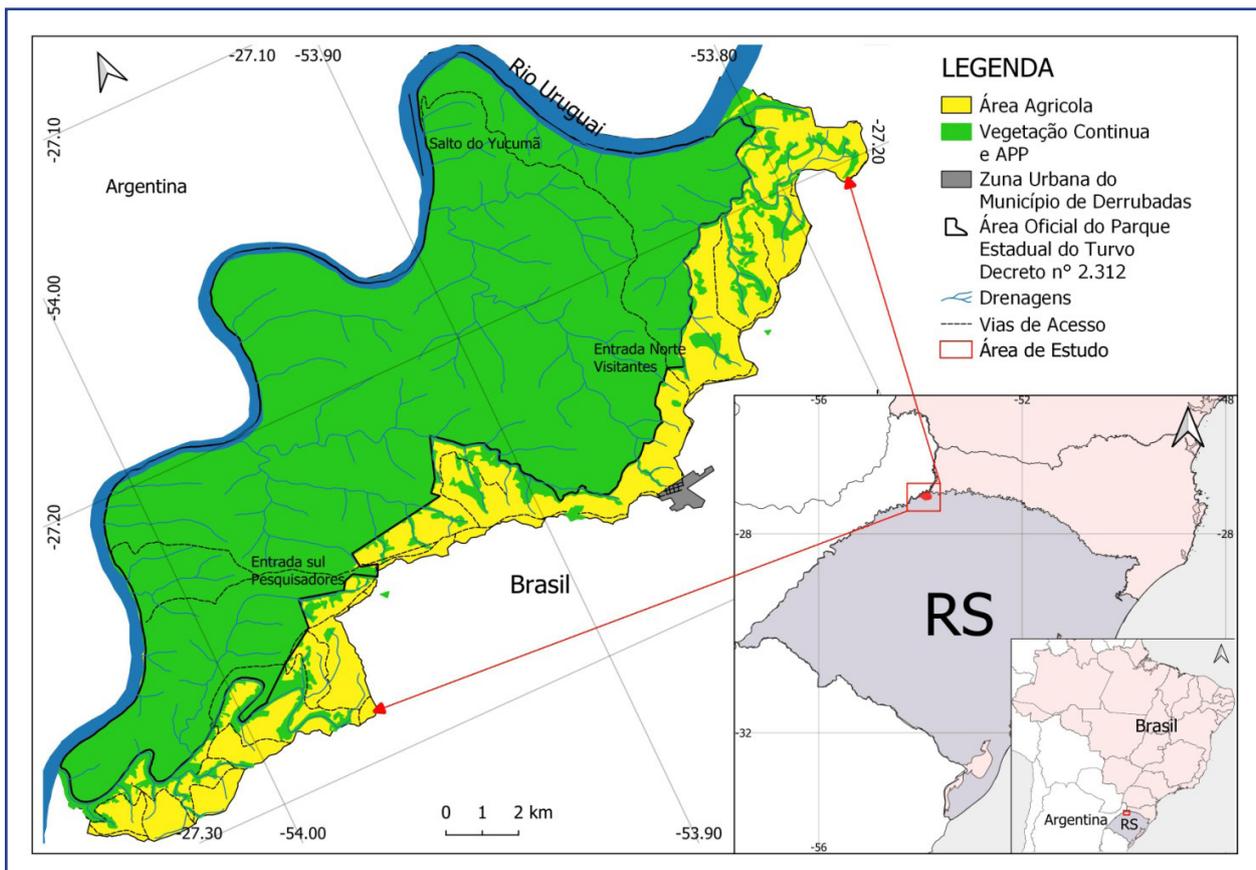


Nota: As determinações foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017)
Fonte: Organizado pelos autores (2023)

A análise física de solo indeformado coletado na zona de amortecimento do PET, em área agrícola, indica que a densidade do solo é maior na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 8A), a porosidade total tem seu maior valor na profundidade de 20 a 30 cm (Figura 8B) e a microporosidade é maior entre 0 e 10 cm (Figura 8C). Os resultados indicam um maior teor de finos na parte superficial do solo e maior macroporosidade

entre 20 a 30 cm (Figura 8D), o que pode ocorrer pelo maior teor de grumos ou fração mais grossa nessa profundidade, ou como resultado da ação gravitacional no momento de preparo do solo para plantio onde, durante o arado realizado pelas máquinas, a fração mais grossa do solo é distribuída para profundidades maiores.

Figura 9 – Uso e ocupação do solo no Parque Estadual do Turvo e nas bacias de drenagens que contribuem para o interior do PET (localizadas na Zona de Amortecimento) (RS)



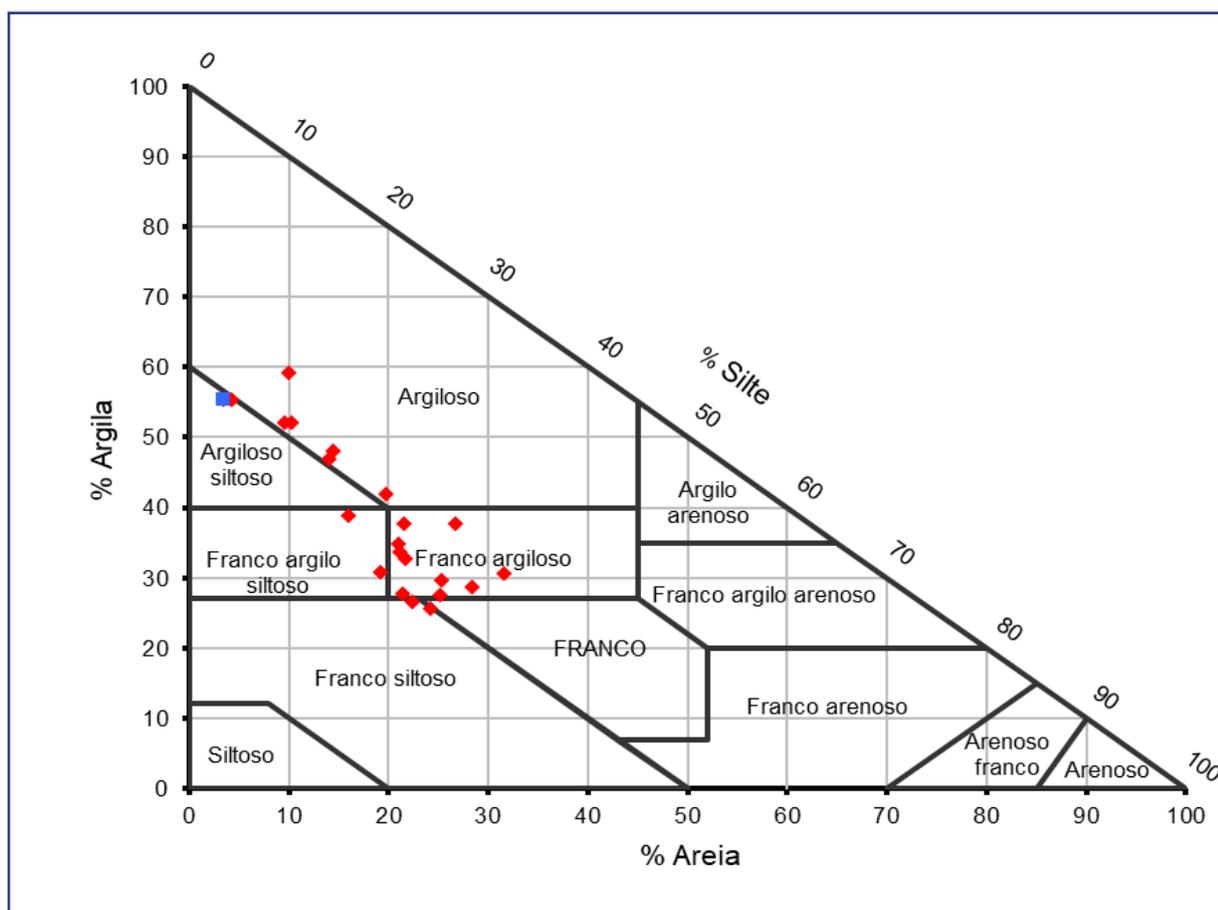
Fonte: Delimitação realizada pelos autores (2023) em base a TOPODATA (INPE, 2008) e Decreto n° 2.312 (RIO GRANDE DO SUL, 1947). Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, (EPSG/SIRGAS 2000 (EPSG:4674) /7.4 (ANA 2016)

No que tange ao uso e ocupação da terra, na zona lindeira externa ao PET (zona de amortecimento) se observam discontinuidades na vegetação devido ao desmatamento para uso essencialmente agrícola. Esta ocupação interrompe a continuidade da mata ciliar que contorna as drenagens que nascem na zona agrícola, externa ao Parque, e adentram no PET (Figura 9). O decreto que criou o PET, que atualmente limita a área densamente florestada, deixa de fora os remanescentes das matas ciliares desses rios cujas bacias de drenagens contribuem com a água que ingressa no PET. Estas, se constituem como áreas de maior vulnerabilidade, por serem

corredores hídricos diretos que comunicam a zona agrícola com o interior do Parque (Figura 9). Estudos realizados no município de Derrubadas apontam para o elevado consumo de químicos na atividade agrícola e indicam o potencial de contaminação das águas decorrente dessa prática (Emiliano *et al.*, 2021).

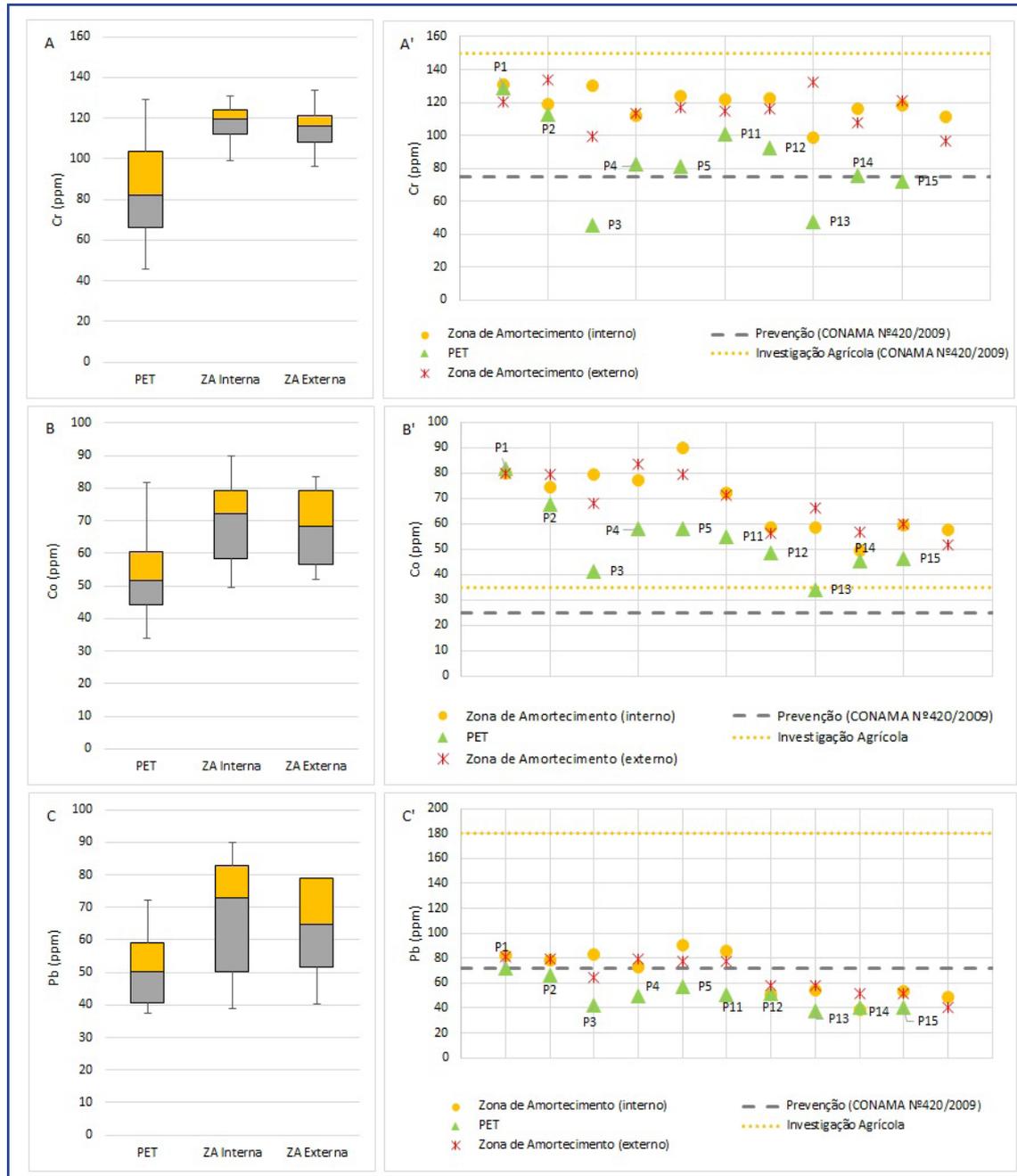
Quanto às análises texturais realizadas, os solos apresentaram características principalmente argilosas (55%) e franco argilo siltosa (27%), ocorrendo, em menor proporção, solos argilo-siltosos (9%) e franco-argilosos (9%) (Figura 10). Os solos têm características ácidas, com pH médio de 5,86, Eh de 234,27 em média e Condutividade Elétrica da ordem de 299,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este último parâmetro apresentou valores 50% superiores na ZA em relação aos solos do interior do PET, o que pode ser decorrente do uso de insumos agrícolas no local.

Figura 10 – Análise granulométrica de 22 amostras de solos coletadas na Unidade de Conservação (11 na Zona de Amortecimento e 11 na Zona de Preservação)



Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Figura 11 – Teores de substâncias químicas em solos do PET e na Zona de Amortecimento e BoxPlot com teores mínimos, percentil 25, mediana, percentil 75 e máximos (ppm). (A) BoxPlot de Cromo. (A') Teores de Cromo. (B) BoxPlot de Cobre. (B') Teores de Cobre. (C) BoxPlot de Chumbo. (C') Teores de Chumbo



Nota: PET: Parque Estadual do Turvo; ZA Interna/Zona de Amortecimento (interno): área interna do PET, a 4 m da Zona de Amortecimento; ZA Externa/Zona de Amortecimento (externa): Zona de Amortecimento, a 4 m do PET

Fonte: Organizado pelos autores (2023)

Em análise comparativa entre a qualidade dos solos do PET e da Zona de Amortecimento, que apresenta intensa atividade agrícola, os resultados indicam que há diferenças significativas ($p < 5\%$) quanto à presença dos elementos Cr, Co e Pb, entre os solos coletados dentro do PET (na zona central do parque) e as amostras de solo coletadas próximo e na Zona de Amortecimento (limite interno e zona externa, a 4 m do PET). Também, observou-se que não há diferenças significativas ($p < 5\%$) entre as concentrações dos diferentes elementos analisados (Cr, Co e Pb) nos solos coletados na zona lindeira do Parque com a Zona de Amortecimento (no interior do PET) e a própria Zona de Amortecimento (a 4 m do PET), indicando semelhanças quanto à presença desses elementos devido à proximidade. Os teores desses metais diferem em relação aos solos inalterados coletados na área central do Parque (Figura 11).

Os dados de Cr, Co e Pb foram interpretados de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009), que indica valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental nos casos em que a área esteja contaminada por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (Brasil, 2009).

Foi possível observar que o Cr se apresenta acima (com mediana de 81,83 e máxima de 128,87 ppm) do indicado como critério de prevenção (75 ppm), em quase todos os casos analisados (na área central do Parque), mas os resultados mais discrepantes foram registrados nas ZAs, com medianas variando de 116,13 ppm (na zona lindeira, parte interna do PET) a 119,29 ppm (na zona lindeira, parte externa do PET). Estes valores ainda são inferiores a 150 ppm, que é o indicado como orientador em caso de investigação em área agrícola.

O mesmo se observa em relação ao elemento Co, com teores superiores aos indicados pela CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009) de 25 ppm como critério de prevenção e 35 ppm para investigação em áreas agrícola. Neste estudo os resultados na área interna do Parque apresentaram mediana de 52 ppm; de 73 ppm, em área lindeira à zona de amortecimento; e de 68 ppm fora do PET, na zona de amortecimento. Em todos os casos os valores estão muito acima do recomendado como critério de prevenção e de investigação em área agrícola.

Em relação ao Pb, verifica-se que apenas a área de amortecimento interna do parque apresenta resultados fora do estabelecido pela CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009), com mediana de 73 ppm, enquanto a Resolução indica o valor máximo de 70 ppm como referência de prevenção. Todos apresentam valores abaixo de 180 ppm, que é o indicado como orientador para investigação em áreas agrícola.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Parque Estadual do Turvo está localizado sobre os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, a qual é constituída por basaltos fraturados, com estruturas vesículo-amigdaloidais, que apresentam capas de alteração. O derrame está dividido em quatro Fácies com idades coetâneas, porém com estrutura, espessura e química diferente: Campo Erê, Cordilheira Alta, Campos Novos e Capanema.

As proporções de Sílica e Álcalis na rocha determinam o tipo de rocha básica que será gerada a partir do tipo de magma produzido no manto. As rochas magmáticas da Fácies Campos Novos encontradas no Parque Estadual do Turvo estão no limite entre básicas e intermediárias e, a partir do Diagrama de TAS, podem ser classificadas entre Basalto e Basalto Andesítico, devido à presença de 52% de sílica (SiO_2) e ao somatório dos teores de álcalis (Na_2O e K_2O) em torno de 1,63%. A rocha, apresentou pequenos veios de quartzo no preenchimento de algumas fraturas e, de modo geral, foi observada uma direção preferencial Leste – Oeste no sistema de fraturas de maior porte.

Correlatamente à geologia, os solos que se desenvolvem no Parque Estadual do Turvo são do tipo latossolos, sobre a Fácies Campo Erê e Cordilheira Alta, e cambissolos, sobre as Fácies Campos Novos e Capanema. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS insere o Parque Estadual do Turvo sobre a unidade de mapeamento denominada Associação Ciríaco Charrua, com a unidade Ciríaco ocupando a meia encosta dos vales e a unidade Charrua desenvolvendo-se nas encostas mais íngremes e fundo dos vales.

Os solos do PET são principalmente argilosos (55%) e franco argilo siltosos (27%), com características ácidas (pH de 5,86) e Condutividade Elétrica da ordem de 299,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A CE é 50% superior na ZA em relação aos solos do interior do PET,

o que pode ser decorrente do uso de insumos agrícolas que ocorre no local. Nessa zona de manejo agrícola intensivo, os solos apresentam densidade, porosidade total e macroporosidade relativamente semelhante entre a profundidade de 0 e 30 cm. A microporosidade, entretanto, é duas vezes maior próximo à superfície (até os 10cm).

Em relação à qualidade dos solos, constatou-se que os teores de Cr, Co e Pb apresentaram diferenças significativas entre os solos coletados na zona central do Parque (com valores significativamente inferiores) e as amostras de solo coletadas na zona lindeira do PET com a Zona de Amortecimento (que recebe manejo agrícola intensivo, com uso de químicos). Quando comparados os solos coletados na zona lindeira do PET e na ZA, não foram observadas diferenças significativas entre os teores de Cr, Co e Pb, indicando semelhanças na presença desses elementos em decorrência da proximidade, o que faz com que os solos do PET adquiram as mesmas características observadas na ZA, que decorrem das práticas agrícola.

Quanto as interações dinâmicas da fauna existente na zona de preservação (ZP) e a zona de amortecimento (ZA) do Parque, seria necessário a análise de impacto relacionada as espécies que transitam nas duas áreas e a correlação entre os resultados destas análises com as análises físico-químicas dos outros aspectos do PET, podendo assim fazer uma correlação mais precisa dos impactos causados pela ação antrópica.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Catálogo de metadados**, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) do Rio Uruguai, derivado do mapeamento sistemático na escala 1:50.000 para o estado do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3d6a7031-5b-18-45ea-ab41-39911975e51a>. Acesso em: 13 dez. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 71819/2016. **Solo – Análise Granulométrica**. 2016. 12p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1968/nbr7181-solo-analise-granulometrica>. Acesso em: nov/2023. Acesso em: 13 dez. 2023.

BERGMANN, M; SILVEIRA, C. A. P.; BAMBERG, A. L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. F. Considerações sobre o potencial de uso agrônômico das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: HARTMANN, L.A.; SILVA, J. T. D.; DONATO, M. (Org.). **Tecnologia e Inovação em Gemas, Joias e Mineração**. Porto Alegre: UFRGS, 2014, p. 119-126.

BERGMANN, M.; PROVENZANO, C. A. S. **Geologia e recursos minerais da folha Três Passos, SG.22-Y-C-I**: estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:100.000. Três Passos. Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18036>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. CONAMA - **RESOLUÇÃO nº420, de 28 de dezembro de 2009, Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente**. 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gereciamento-de-acs.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 19 de agosto de 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura. **Boletim Técnico nº30**. Recife. 431 p. 1973.

CPRM, Ministério de Minas e Energia Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral cprm - Serviço Geológico do Brasil - **Mapa Geológico Três Passos/RS FOLHA SG-2G-Y-C-I**. Escala 1:100.000. 2013.

EIS, G. S. S.; MIZUSAKI, A. M.; ROISENBERG, A.; & RUBERT, R. R. (2014). Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisas Em Geociências**, 41(2), 155–168. Disponível em: <<https://doi.org/10.22456/1807-9806.78093>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – SBCS. Embrapa, 1999. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 13 dez. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Estudo de Solos do Município de Derrubadas**– RS, Circular Técnica 51 Pg 02 e 03. Pelotas, Julho, 2006. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30692/1/Circular-51.pdf> Acesso 02 fev. 2024.

FONSECA, M. M. **Caracterização faciológica das Formações Santa Maria (Membro Alemoa) e Caturrita: interpretação da tipologia de sistemas fluviais**. Porto Alegre, 132 f. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1999.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effectsof Bulk Density, Aggre gate Size, and Soil Water Suction on Oxygen Diffusion, Redox Potentials, and Elongationof Corn Roots. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 32, 180–186. 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x>. Acesso em: 13 dez. 2023.

HASSLER, M. L. A importância das Unidades de Conservação no Brasil. **Soc. e Nat.** vol. 17, n. 33, p. 79-89, 2005. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/sociedadnatureza/article/download/9204/5666/0>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. Base de dados, **Cartas e Mapas** municipal (2021) e estadual (2015). Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2020/RS/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

IBGE. Folhas SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 Lagoa Mirim: **Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, V. 33. 1986. 776p.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA, Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. DSI. Divisão de Sensoriamento Remoto – INPE. Folha SRTM 27S5. Publicado em 2008, atualizado em 2011. 2011. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

INPE Santos – SP **Brasil**. 2017. Disponível em: https://proceedings.science/proceedings/59/_papers/60189/download/abstract_file?lang=pt-br. Acesso em: 13 dez. 2023.

LE MAITRE, R. W. **Rochas ígneas, uma classificação e glossário de termos**. Recomendações da União Internacional de Ciências Geológicas, Subcomissão sobre Sistemática de Rochas Ígneas, Cambridge University Press, 236 p, 2002. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1226101>. Acesso em: 13 dez. 2023.

LUZ, F. B. DA; CASTIONI; G. A. F.; TORMENA, C. A.; FREITAS, R. DOS S.; CARVALHO, J. L. N.; CHERUBIN, M. R. **Soil till age and machinery traffic influence soil water availability and air fluxes in sugar canefields**. Soil Tillage Res. 223. 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003082422>. Acesso em: 13 dez. 2023.

MANCUSO, M. A.; AZEVEDO, F. C. G. de.; WASTOWSKI, A. D.; FIOREZE, M. Determinação das propriedades químicas de águas e sedimentos em área agrícola utilizando espectrometria de fluorescência de raios X por energia dispersiva. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, SP, vol. 16, n. 1, p. 85-100, mar. 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003082422>. Acesso em: 13 dez. 2023.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental**. Porto Alegre, 255 f. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L.; FRANÇA, A.; BARROS, A. **Bacia do Paraná**. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159449/1/PL-Cobertura-JoaoVila-EGAL-2017.pdf> Acesso: 02 fev. 2024.

MORAES, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira** como subsídio para a revisão do plano de manejo. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, 2013.

NARDY, A.J.R.; MACHADO, F.B.; OLIVEIRA M.A.F. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v.38, n.1, p.178-195, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260390280_As_rochas_vulcanicas_mesozoicas_acidas_da_Bacia_do_Parana_litoestratigrafia_e_consideracoes_geoquimico-estratigraficas. Acesso em: 13 dez. 2023.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. **Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-tillcrop production in subtropical highly weathered soils**. Soil Tillage Res. 102, 242–254. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.002>. Acesso em: 13 dez. 2023.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. Indicator of good soil physical quality: Density and storage parameters. **Geoderma** 110, 131–146. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706102002288?via%3Dihub>. Acesso em: 13 dez. 2023.

RIO GRANDE DO SUL Decreto N° 17.432, de 11 de agosto de 1965. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura, – SEMA. Leis Estaduais. 1965. **Diário Oficial do Estado**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/06141857-decreto-17432-65-altera-peturvo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto N° 2.312, de 11 de março de 1947. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA. Leis Estaduais. 1947. **Diário Oficial do Estado**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/06141854-decreto-2312-47-cria-peturvo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n° 2.312. - SEMA. **Diário Oficial do Estado**. 1947. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/06141854-decreto-2312-47-cria-peturvo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FE-PAM. Portaria n° 085/2014, de 05 de setembro de 2014. Dispõe sobre o estabelecimento de valores de referência de qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 11 set. 2014.

SANTOS C.E.; MANCUSO, M.A.; TOEBE, M.; SCHULLER T.L. Mapeamento do potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos no noroeste do Rio Grande do Sul. São Paulo, **UNESP, Geociências**, v. 40, n. 4, p. 951 - 966, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15459>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Limites das Unidades de Conservação, entornos de 10 km e zonas de amortecimento**. 2010. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=404. Acesso em: 10 dez. 2023.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo**. Porto Alegre. 2005. Acesso em: 22.10.2023. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/24172430-plano-manejo-peturvo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SEPLAG/DEPLAN. **Secretaria do Planejamento e Gestão/Departamento de Planejamento Governamental**. Áreas Naturais Protegidas - Unidades de Conservação. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 13 dez. 2023.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2017.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.M.; TAIOLI, F. Magma e seus Produtos, **Decifrando a Terra**. 2ª edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. Capítulo 6. 152p.

THEODORO, S. H.; SANDER, A.; BURBANO, D. F. M.; &ALMEIDA, G. R. Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. **Revista Liberato**, 22(37), 45–58. 2021. Disponível em: <<https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/681>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

TRAMONTINAJ.; MARCHESAN J.; FACCO A. T.; ALBA E.; MELLO E. P. PEDRALI L. D.; PEREIRA R. S. Zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo: um estudo da dinâmica espacial do uso e cobertura da terra. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** – SBSR. ISBN: 978-85-17-00088-1. 28 a 31 de maio de 2017.

TRENNEPOHL, D.; MACAGNAN, R. Impactos ambientais da dinâmica de desenvolvimento da região noroeste colonial do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional**, 2008. 4(1). Disponível em: <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v4i1.120>. Acesso em: 13 dez. 2023.

Contribuições de autoria

1 – Nilson Ferreira dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Geologia

<https://orcid.org/0009-0009-3430-0435> • nilfs2005@hotmail.com

Contribuição: Metodologia, curadoria de dados, escrita - primeira redação, escrita revisão e edição

2 – Malva Andrea Mancuso

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Geociências

<https://orcid.org/0000-0002-8252-534X> • malvamancuso@ufsm.br

Contribuição: Metodologia, escrita - revisão e edição

3 – Fernando Pasini

Universidad Tecnológica de Uruguay, Mestre em Engenharia Ambiental

<https://orcid.org/0000-0003-0806-8344> • fernando.pasini@utec.edu.uy

Contribuição: Escrita - revisão e edição

4 – Gustavo Delmar Kehl

Universidade Federal de Santa Maria, Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária

<https://orcid.org/0000-0003-1114-2269> • gustavodelmar11@gmail.com

Contribuição: Metodologia, curadoria de dados

5 – Gabriel Baraldi Volpi

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental

<https://orcid.org/0000-0003-1757-6711> • gabrielbvolpi_189@hotmail.com

Contribuição: Metodologia, curadoria de dados

Como citar este artigo

SANTOS, N. F. dos; MANCUSO, M. A.; PASINI, F.; KEHL, G. D.; VOLPI, G. B. Características do Basalto Fácies Campos Novos da Formação Serra Geral e dos solos do Parque Estadual do Turvo (RS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, p. e86143, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499486143. Acesso em: dia mês abreviado. ano.