

# Caracterização dos teores naturais de bário em diferentes solos no estado de Santa Catarina

Daniely Neckel Rosini<sup>1</sup>, Caroline Aparecida Matias<sup>1</sup>, Betel Cavalcante Lopes<sup>1</sup>, Beatriz Rodrigues Muniz<sup>1</sup>, Fabiele Arruda Delfino<sup>2</sup>, Letícia Visentin Borges<sup>3</sup> e Mari Lucia Campos<sup>4</sup>

**Resumo** – O bário pode estar presente no solo como resultado de processos geológicos naturais ou por atividades antrópicas. O objetivo do trabalho foi avaliar os teores de bário em 34 solos da serra e oeste catarinenses e sua correlação com o pH, matéria orgânica, argila e saturação por bases. Para isso, foram realizadas coletas de solos no horizonte A em uma profundidade máxima de 20cm, sendo secos em estufa, homogeneizados e peneirados. Os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  foram extraídos com solução salina, o  $\text{K}^+$  em solução ácida e a acidez potencial com acetato de cálcio e as leituras foram realizadas no fotômetro de chamas e espectrofotômetro de absorção atômica. Para as análises de carbono orgânico total foi usado o equipamento Multi N/C 2100, o pH em água e KCl foi por meio de pHmetro de bancada, a argila pelo método da pipeta e o bário por digestão ácida seguindo o método 3050B e posterior leitura no ICP-OES. Os teores de bário variaram entre 18,73mg  $\text{kg}^{-1}$  (P19), que é um Organossolo Fólico Sáprico típico de área de mata nativa e 481,71mg  $\text{kg}^{-1}$  (P16) no Nitossolo Vermelho Distroférico típico em área de campo nativo. O bário apresentou as maiores correlações positivas com o pH e com a saturação por bases. Os solos da região oeste apresentam maiores teores naturais de bário do que os da região serrana. Os teores naturais de bário nos solos podem variar mesmo em regiões próximas.

**Termos para indexação:** Teores de Bário; Solos Catarinenses; Solos basálticos.

## Characterization of natural barium levels in different soils in the state of Santa Catarina

**Abstract** – Barium can be present in the soil as a result of natural geological processes or by anthropogenic activities. The aim of this work was to evaluate the barium contents in 34 soils in the mountains and west of Santa Catarina and its correlation with pH, organic matter, clay and base saturation. For this, soil samples were collected in the A horizon at a maximum depth of 20cm, dried in an oven, homogenized and sieved. The  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  cations were extracted with saline solution, the  $\text{K}^+$  in an acidic solution and the potential acidity with calcium acetate and the readings were performed in a flame photometer and atomic absorption spectrophotometer. For the analyzes of total organic carbon, the Multi N/C 2100 equipment was used, the pH in water and KCl was by means of a bench pH meter, the clay by the pipette method and the barium by acid digestion following the 3050B method and subsequent reading in ICP-OES. The barium contents ranged from 18.73mg  $\text{kg}^{-1}$  (P19), which is a typical Sápric Folic Organosol in a native forest area, to 481.71mg  $\text{kg}^{-1}$  (P16) in the Dystroferic Red Nitosol typical in a native grassland area. Barium showed the highest positive correlations with pH and base saturation. The soils of the western region have higher natural levels of barium than those of the mountainous region. Natural barium contents in soils can vary even in nearby regions.

**Index terms:** Barium levels; Santa Catarina soils; Basaltic soils.

## Introdução

O solo é um recurso natural não renovável, parte fundamental do ambiente natural que desempenha um papel essencial na sustentação da vida na Terra. A formação do solo é influenciada por uma combinação complexa de fatores que atuam ao longo de milhares

a milhões de anos. Esses fatores interagem para determinar as características e propriedades do solo em uma determinada região. Os principais fatores de formação do solo são o clima, os organismos, o relevo, o tempo e o material de origem no solo. Esses fatores interferem na composição do solo que é formado (Jenny, 1994).

O bário (Ba) é um elemento químico encontrado naturalmente no solo, mas também pode estar presente em concentrações elevadas devido a atividades humanas, como mineração e processamento de minerais. A exposição a altos níveis, maiores que 1000mg  $\text{kg}^{-1}$  de Ba, é tóxica para os seres vivos, sendo que concentrações elevadas no solo podem

Recebido em 09/09/2023. Aceito para publicação em 13/06/2024.

Editor de seção: João Frederico Mangrich dos Passos

<sup>1</sup> Doutoranda em Ciência do Solo, Laboratório de Análise e Levantamento Ambiental, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), e-mail: danielybio@hotmail.com, carolineaparecidamatias@hotmail.com, betelcavalcante@gmail.com, beatriz.muniz@edu.udesc.br.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Udesc, campus Lages, e-mail: fabi.delfino25@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Agronomia, Udesc, campus Lages, e-mail: leticiavisentinbo@hotmail.com

<sup>4</sup> Professora, engenheira agrônoma, Dra., Laboratório de Análise e Levantamento Ambiental, Centro de Ciências Agroveterinárias, Udesc, e-mail: mari.lucia@edu.udesc.br.

Doi: <https://doi.org/10.52945/rac.v37i2.1750>

afetar a saúde das plantas, inibindo seu crescimento e desenvolvimento (EPA, 2005). O Ba pode bioacumular na cadeia alimentar e a ingestão de água ou alimentos contaminados com altos níveis de Ba resultam em problemas de saúde, como distúrbios gastrointestinais, cardiovasculares e neurológicos. Em concentrações naturais, o Ba não costuma representar um risco significativo para a saúde humana ou para os ecossistemas (Silva Júnior *et al.*, 2022).

Os teores naturais de Ba no solo dependem do conteúdo dessa substância na rocha de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu. As atividades antrópicas podem elevar o teor deste metal pesado no solo, podendo atingir concentrações muito altas, as quais podem comprometer a qualidade do ecossistema. Por isso, o Ba está incluído na lista de substâncias perigosas da *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2010), sendo também regulamentado pela legislação ambiental de diversos países quanto aos valores orientadores de qualidade do solo.

Nas regiões em que o solo tem como material de origem o basalto, pode-se encontrar o metal alcalino-terroso Ba, pois ele ocorre naturalmente em pequenas quantidades em rochas ígneas, feldspato e micas. Além disso, as principais formas minerais em que o Ba é encontrado são a barita (sulfato de bário) e a witherita (carbonato de bário) (World Health Organization, 1990).

Diante desse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar os teores naturais de bário em solos das regiões serrana e oeste de Santa Catarina e correlacionar os dados com o pH, a saturação por bases, o teor de argila e o carbono orgânico total desses solos.

## Material e métodos

O estado de Santa Catarina está localizado em área de interferência do clima mesotérmico úmido, com verão fresco, sem estação seca, com amplitude térmica entre inverno e verão e

está inserido no bioma Mata Atlântica e Floresta Ombrófila Mista e de Savana. O solo da serra de Santa Catarina é predominantemente formado a partir de rochas basálticas e graníticas. Esses solos variam em profundidade e fertilidade, influenciados pelo relevo montanhoso, clima subtropical úmido e vegetação de florestas de araucária e campos de altitude. A alta pluviosidade e as temperaturas mais baixas favorecem a formação de solos ricos em matéria orgânica, embora a erosão em áreas de encostas íngremes resulte em solos mais rasos e pedregosos (Ometto, 1981). O território do Oeste Catarinense pertence ao Complexo Regional do Sul do Brasil, onde são comuns solos provenientes de rochas como o basalto, que deram origem a superfícies de terras roxas e terras brunas, característica de locais com temperaturas baixas e clima um pouco úmido, estes denominados Latossolos Vermelhos e Nitossolos Brunos (Lepsch, 2016).

Foram coletadas 34 amostras de solos nas regiões serrana (P1 a P19) e oeste (P20 a P34) do estado de Santa Catarina. A coleta contemplou o horizonte A dos perfis, atingindo uma profundidade máxima de 20cm, durante o período de junho a dezembro de 2021 (Tabelas 1 e 2). Essas amostras foram preparadas para análise, passando por destorroamento, homogeneização e secagem em estufa. As análises dos elementos Ca, Mg, K, Al, acidez potencial, carbono orgânico total (TOC) e pH foram realizadas na fração de 2,0mm do solo. Para a análise do elemento Ba, o solo foi moído em um gral de ágata e peneirado através de uma peneira de 0,074mm.

Para a extração dos elementos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  da solução do solo, o método com KCl foi empregado (Tedesco, 1995). Antes da leitura, foi adicionada uma solução de Sr a 0,3% em HCl 0,2 M e a absorvância do Ca e Mg foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) de alta resolução, utilizando o equipamento PerkinElmer AAnalyst 200. A determinação do  $\text{Al}^{3+}$  foi realizada por meio de titulação com

NaOH. Para a extração de K, foi utilizada a metodologia Mehlich-1 (Tedesco, 1995). O teor de  $\text{K}^+$  foi determinado por meio de fotometria de chama, utilizando o equipamento DM-62 da marca Digimed. As análises de pH foram conduzidas seguindo o método da EMBRAPA (Teixeira, 2017), utilizando água e KCl como solventes. A acidez potencial foi determinada utilizando acetato de cálcio e titulação com NaOH e fenolftaleína (Tedesco, 1995). O teor de argila foi quantificado pelo método da pipeta (Teixeira, 2017). As análises de TOC foram realizadas com o equipamento Multi N/C 2100 da Analytik Jena.

Foram realizadas digestões em quadruplicatas para as análises de Ba, seguindo o método 3050B da USEPA (2003). Em tubos de digestão, 1,0g de cada solo foi pesado e adicionado 1,0mL de água destilada e 10mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado. Cada porção digerida foi complementada com uma amostra de referência certificada NIST 2709A (SRM San Joaquin Soil) e duas provas em branco, totalizando, ao menos, oito provas em branco. As amostras foram aquecidas a  $95^\circ\text{C}$  e resfriadas várias vezes com adição de  $\text{H}_2\text{O}_2$  até que não fosse mais gerada fumaça marrom. Após o resfriamento, o volume das amostras foi completado para 50mL. Os extratos resultantes foram filtrados usando papel filtro faixa azul e armazenados em tubos para posterior leitura no equipamento de espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP OES) da marca Perkin-Elmer, modelo Optima 8000.

As concentrações de Ba foram comparadas com os teores estabelecidos na resolução CONAMA nº 420 (Brasil, 2009) e correlacionadas com os atributos químicos e físicos do solo por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Os dados foram tabulados no Excel para realizar a análise.

## Resultados e discussão

Há uma grande amplitude na variação dos teores naturais de Ba nos solos

Tabela 1. Localização dos pontos amostrados no período de junho a dezembro de 2021 em Santa Catarina, Brasil

Table 1. Location of sampled points in the June to December 2021 period in Santa Catarina State, Brazil

Ponto	Localização		Uso do solo
P1	50°22'54.91"W	28°14'48.54"S	Pastagem natural
P2	50°10'37.20"W	28°23'42.00"S	Pastagem
P3	50°28'22.80"W	28°24'18.00"S	Mata nativa
P4	50°14'24.00"W	27°33'50.40"S	Reflorestamento com pinus
P5	50°13'55.20"W	27°46'44.40"S	Pastagem
P6	50°16'22.80"W	27°55'48.00"S	Pastagem
P7	50°23'45.60"W	28°18'39.60"S	Pastagem
P8	49°32'38.40"W	27°48'54.00"S	Pastagem
P9	50° 9'50.40"W	27°38'38.40"S	Mata nativa
P10	50°24'10.80"W	27°47'38.40"S	Pastagem
P11	49°33'54.00"W	28°22'19.20"S	Pastagem
P12	50°18'10.80"O	28°19'51.60"S	Campo nativo
P13	50°13'55.20"W	27°46'44.40"S	Pastagem
P14	50° 7'44.40"W	27°53'42.00"S	Pastagem
P15	50°15'56.58"W	28°22'26.68"S	Pastagem
P16	50°17'38.40"W	28°20'42.00"S	Campo nativo
P17	49°34'45.28"W	28°21'59.22"S	Campo nativo
P18	49°33'20.49"W	28°24'16.69"S	Campo nativo
P19	49°51'24.97"W	27°55'29.11"S	Mata nativa
P20	51°29'15.88"W	27°5'39.53"S	Mata nativa
P21	52°18'21.60"W	26°48'39.60"S	Culturas anuais
P22	51° 5'6.00"W	27°22'30.00"S	Campo nativo
P23	52° 2'31.20"W	26°51'21.60"S	Culturas anuais
P24	50°34'44.40"W	27°22'12.00"S	Culturas anuais
P25	50°42'21.60"W	26°56'49.20"S	Mata nativa
P26	51°32'6.17"W	27° 2'39.74"S	Pastagem
P27	51°28'40.80"W	27° 6'43.20"S	Mata nativa
P28	51°50'7.58"W	27°22'19.17"S	Mata nativa
P29	51°49'1.59"W	27°23'0.71"S	Mata nativa
P30	51°48'29.37"W	27°23'37.76"S	Pastagem
P31	53°29'46.26"W	26°52'1.56"S	Culturas anuais
P32	53°26'3.26"W	26°52'39.72"S	Mata nativa
P33	53°20'32.20"W	26°57'16.61"S	Mata nativa
P34	53°21'9.64"W	27° 0'50.43"S	Pastagem

situados na região serrana do estado de Santa Catarina (Tabela 3). As concentrações variam entre 18,73mg kg<sup>-1</sup> e 481,89mg kg<sup>-1</sup> de Ba no solo. O Nitossolo Vermelho Distroférico típico (P16), que é uma área de campo nativo, com material de origem oriundo do basalto, apresentou a maior concentração de Ba. As menores concentrações de Ba (18,73; 21,79 e 23,02mg kg<sup>-1</sup>) foram identificadas, respectivamente, no Organossolo Fólico Sáprico típico (P19), no Cambissolo Húmico Distroférico típico (P10) e no Cambissolo Hístico (P8). Os solos são oriundos de diferentes materiais, riocacito, basalto e folhelhos. Nos Organossolos, a matéria orgânica dominante e a falta de minerais argilosos em quantidades significativas limitam a interação do bário com o solo e, por isso, este metal geralmente é encontrado em baixas concentrações.

Nos solos do oeste, os teores de Ba variaram de 24,76mg kg<sup>-1</sup> a 212,25mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 3 e Figura 1). Os maiores teores de Ba foram observados em Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico (P30), Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (P28) e Cambissolo Háptico Eutrófico típico (P34), coletados em áreas de campo (P30 e P34) e mata nativa (P28). Por sua vez, as menores concentrações do elemento foram encontradas em Latossolo Vermelho Distroférico húmico (P21), Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbico (P24) e Nitossolo Bruno Distrófico rúbico (P25) coletados em áreas de mata nativa (P25) e próximos a culturas anuais (P21 e P24). Em Nitossolos, a concentração de Ba é baixa devido ao acúmulo de óxidos de ferro. No entanto, no Neossolo, devido à alta capacidade de troca de cátions (CTC) e ao material de origem, ocorre uma concentração maior de Ba.

A resolução CONAMA nº 420 (Brasil, 2009), determina os valores de prevenção do Ba no solo de 150mg kg<sup>-1</sup>. Esse valor de prevenção, indica a concentração limite de Ba no solo para que o mesmo seja capaz de sustentar as suas funções. Os valores de investigação determinam a concentração acima da qual

Tabela 2. Classificação dos solos, município de coleta e material de origem no período de junho a dezembro de 2021 em Santa Catarina, Brasil

Table 2. Soil classification, collection municipality, and parent material in the June to December 2021 period in Santa Catarina State, Brazil

Ponto	Classificação	Município	Material de origem
P1	Cambissolo Háptico Alítico típico	Lages	Riodacito
P2	Cambissolo Háptico Alítico típico	São Joaquim	Riodacito vermelho
P3	Cambissolo Háptico Alítico típico	Lages	Riodacito vermelho
P4	Cambissolo Háptico Alumínico típico	Palmeira	Fonolito porfirítico
P5	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Fonolito
P6	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Basalto
P7	Cambissolo Háptico Alumínico úmbrico	Lages	Riodacito
P8	Cambissolo Hístico	Bom Retiro	Folhelhos
P9	Cambissolo Húmico Alumínico típico	Lages	Sienito
P10	Cambissolo Húmico Distroférico típico	Lages	Basalto
P11	Cambissolo Húmico Distrófico organossólico	Bom Jardim da Serra	Basalto
P12	Cambissolo Húmico Distrófico típico	Lages	Riodacito vermelho
P13	Neossolo Regolítico Húmico típico	Lages	Fonolito
P14	Nitossolo Bruno Distrófico típico	Painel	Basalto
P15	Nitossolo Vermelho Alítico típico	São Joaquim	Basalto
P16	Nitossolo Vermelho Distroférico típico	Lages	Basalto
P17	Cambissolo Háptico Tb Distroférico típico	Bom Jardim da Serra	Riodacito
P18	Organossolo Fólico Sáprico cambissólico	Bom Jardim da Serra	Riodacito
P19	Organossolo Fólico Sáprico típico	Urupema	Riodacito
P20	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico	Luzerna	Basalto
P21	Latossolo Vermelho Distroférico húmico	Faxinal dos Guedes	Basalto
P22	Latossolo Vermelho Distrófico retrático úmbrico	Campos Novos	Basalto
P23	Nitossolo Bruno Distrófico húmico	Ponte Serrada	Riodacito
P24	Nitossolo Bruno Distrófico húmico latossólico rúbrico	Curitibanos	Riodacito
P25	Nitossolo Bruno Distrófico rúbrico	Lebon Regis	Basalto
P26	Nitossolo Háptico Distrófico típico	Luzerna	Basalto
P27	Nitossolo Vermelho Eutrófico típico	Luzerna	Basalto
P28	Nitossolo Vermelho Eutroférico típico	Ipira	Basalto amigdalóide
P29	Argissolo Amarelo Eutrófico típico	Ipira	Basalto
P30	Neossolo Litólico Eutrófico chernossólico	Ipira	Basalto
P31	Nitossolo Vermelho Eutroférico chernossólico	Descanso	Basalto
P32	Chernossolo Argilúvico Férrico típico	Descanso	Basalto
P33	Chernossolo Háptico Férrico típico	Descanso	Basalto amigdalóide
P34	Cambissolo Háptico Eutroférico típico	Descanso	Basalto

Tabela 3. Dados de análises químicas nos solos de regiões de Santa Catarina, Brasil  
 Table 3. Data from chemical analyzes on soils from regions of Santa Catarina, Brazil

Ponto	Saturação por Bases	pH água	pH KCl	TOC (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Bário (mg kg <sup>-1</sup> )
P1	3,99	5,23	4,02	33,85	602,15	42,19
P2	3,17	5,03	3,93	44,55	457,49	46,77
P3	12,33	5,02	4,02	27,90	472,87	97,45
P4	6,91	4,74	3,93	21,15	557,36	62,52
P5	4,34	5,11	3,92	19,30	506,95	76,15
P6	25,09	5,34	4,29	32,30	511,55	84,89
P7	3,60	5,07	4,01	21,10	535,58	43,45
P8	14,05	5,54	4,17	26,85	436,03	23,02
P9	8,75	5,48	4,19	23,85	349,43	120,13
P10	6,86	5,65	4,26	18,75	504,69	21,79
P11	4,19	5,24	4,10	127,50	124,12	25,01
P12	4,72	5,20	3,91	36,65	566,84	70,43
P13	6,13	5,37	4,05	22,35	621,64	34,15
P14	38,15	6,20	5,22	30,50	657,90	50,87
P15	7,19	5,23	4,04	28,95	587,78	107,78
P16	27,05	5,89	4,83	30,75	522,72	481,71
P17	7,88	5,19	4,15	119,00	143,25	46,89
P18	3,76	4,85	3,85	249,00	142,81	31,60
P19	4,07	4,74	3,68	212,50	134,72	18,73
P20	13,22	5,19	4,12	25,60	568,22	47,63
P21	92,83	6,70	6,03	27,45	481,30	28,89
P22	55,92	5,53	4,34	18,90	621,12	52,57
P23	55,25	5,89	4,57	28,10	511,47	96,67
P24	47,58	5,58	4,29	26,50	752,66	26,94
P25	5,68	4,94	3,94	26,35	641,33	24,76
P26	8,38	4,55	3,91	28,35	617,12	45,01
P27	81,43	6,18	5,28	20,50	366,09	145,13
P28	78,43	6,01	5,19	53,05	422,99	180,02
P29	79,44	6,04	5,33	29,80	509,24	141,62
P30	85,54	6,39	5,49	32,80	338,51	212,25
P31	79,92	5,82	4,99	52,00	505,30	93,73
P32	88,14	6,34	5,29	26,80	271,70	124,17
P33	78,31	6,50	5,99	52,95	338,45	156,88
P34	54,73	6,41	5,22	32,15	283,90	168,02

existem riscos potenciais à saúde humana. Na resolução CONAMA o valor de investigação de Ba em área agrícola é de 300mg kg<sup>-1</sup>, em área residencial 500mg kg<sup>-1</sup> e em área industrial de 750mg kg<sup>-1</sup>. Com exceção do ponto 16 na região serrana e dos pontos P33, P34, P28 e P30 na região oeste, os teores de Ba encontram-se em conformidade com a legislação, considerando que apresentaram valores inferiores ao valor de prevenção estabelecido pela Portaria nº 45/2021 – IMA/SC, de 19 de março de 2021.

A distribuição dos teores naturais de Ba é apresentada na Figura 1, onde compreende-se que os teores máximos e mínimos são verificados de forma distribuída ao longo de toda a região, ou seja, não se rege pelos diferentes microclimas propiciados pela heterogeneidade de altitude e cobertura do solo existentes nos locais considerados pelo estudo.

É possível observar que os teores naturais de Ba dos solos da região oeste são maiores do que os da região serrana de Santa Catarina. Sendo a média de concentração de 78,19mg kg<sup>-1</sup> para a região serrana e 102,95mg kg<sup>-1</sup> na região oeste. Os teores de Ba observados nos pontos de coleta podem ser explicados pela prevalência do material de origem basalto, o qual apresenta naturalmente elevados valores de metais, como Ba (Muller, 2020).

Ainda, solos com valores altos de pH (alcalinos) e saturação por bases (> 50%) caracterizam a condição química típica de solos jovens, como o Neossolo e Cambissolo (Rizzardo, 2020), nos quais observou-se maior teor de Ba em razão a baixa lixiviação (Souza, 2015). Condição oposta é visualizada em solos mais intemperizados, isto é, o baixo acúmulo de Ba decorre da não incorporação na estrutura dos minerais típicos de solos intemperizados sem causar desbalanço de cargas, como, por exemplo, gibbsita, goetita, caulinita e hematita (Rizzardo, 2020).

Os valores de Ba observados em classes de solos diferentes podem ser explicados pela possibilidade de solos



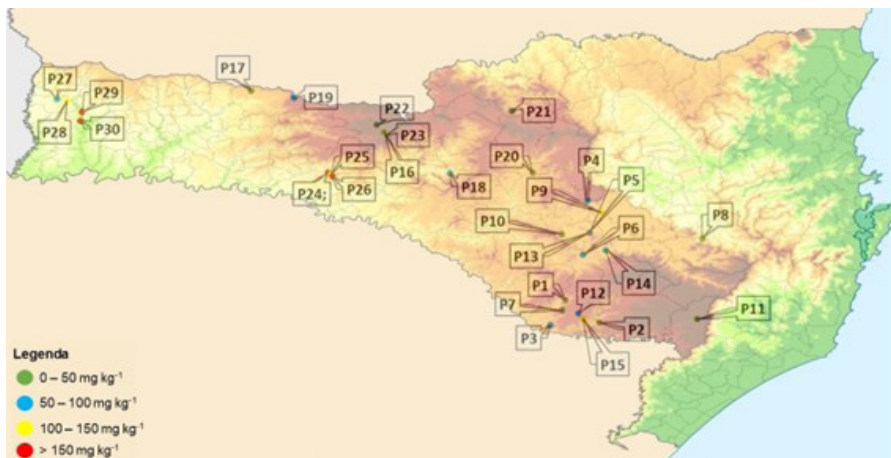


Figura 1. Teores naturais de bário nos pontos amostrados no estado de Santa Catarina, Brasil

Figure 1. Natural Barium Levels at Sampled Points in the Santa Catarina State, Brazil

de classes pedológicas diferentes pertencerem ao mesmo grupo, ou seja, apresentarem atributos químicos e físicos em comum, logo, os teores de metais variam em razão as variações nesses atributos (Paye; Mello; Mello, 2012). De forma similar Biondi (2010) e Araújo (2014), observaram maiores valores de Ba em solos jovens oriundos de basalto.

Em termos de poluição ambiental estudos recentes demonstram que os riscos de fitotoxicidade e contaminação de águas subterrâneas por Ba proveniente da barita são muito baixos, ressaltando-se ambientes extremamente redutores (Sobrinho *et al.*, 2019). De acordo com Magalhães *et al.* (2014), ambientes redutores condicionam a aumento nos teores de Ba em formas lábeis influenciando negativamente devido à maior biodisponibilidade do elemento. A solubilidade e a mobilidade do Ba são mais elevadas em solos arenosos, tendendo a manter uma relação inversamente proporcional com pH e matéria orgânica, elevando-o com a redução do pH e da quantidade de matéria orgânica. O Ba também é capaz de reagir com outros metais, óxidos e hidróxidos presentes no solo sendo adsorvido e tornando-se menos móvel ao longo do perfil (Merlino *et al.*, 2010).

Na Tabela 4 observa-se que o Ba rege uma correlação relativamente baixa com a maioria das variáveis analisadas, ou seja, a sua variação não res-

ponde de forma expressiva o aumento ou a diminuição das concentrações de Carbono Orgânico Total, pH em água e argila. Ressalta-se que a maior relação do Ba detectada com as variáveis pH em KCl e saturação por bases atingindo valores de 0,44 e 0,45, respectivamente, existindo também uma pequena relação negativa, -0,19, entre o Ba e o teor de carbono orgânico.

Tais resultados condizem com os obtidos pelo estudo elaborado por Melo, Silva e Alleoni (2014), onde os autores verificaram uma grande diferença de bário entre dois solos sendo de 32mg kg<sup>-1</sup> de solo no Latossolo Vermelho Distrófico e 3,5mg kg<sup>-1</sup> de solo no Neossolo Quartzarênico apesar dos demais atributos químicos e físicos analisados se

manterem semelhantes.

A influência da saturação por bases constatada nesse estudo também foi observada no estudo desenvolvido por Andrade *et al.* (2014), onde os autores analisaram o comportamento de elementos-traço em dois Latossolos, Latossolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho distrófico. As maiores concentrações de elementos-traço foram encontradas no Latossolo Vermelho eutrófico, o qual detinha a maior saturação por bases, 33,46mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, enquanto o Latossolo Vermelho distrófico obteve um valor de 25,54mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

Quanto à relação entre o Ba e o pH do solo, ela ocorre devido à influência do pH sobre as propriedades dos argilominerais 1:1, dos oxí-hidróxidos de ferro e alumínio e dos componentes orgânicos, ambos fatores característicos dos solos da região serrana, levando em consideração que todos apresentam cargas dependentes do pH (Campos, 2010).

Um resultado discutível, com base nas bibliografias levantadas ao longo desse estudo, foi a relação negativa existente entre o Ba e o teor de carbono orgânico total, tendo em vista sua estrita relação com o teor de matéria orgânica no solo. Rebêlo *et al.* (2020) verificaram um acréscimo nas concentrações do bário juntamente com outros metais, Co, Fe, Mn, Si, Sr, Ti, V, Zn e Cu, em solos mais argilosos e com maior acúmulo de matéria orgânica.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas nos estudos dos solos do estado de Santa Catarina, Brasil

Table 4. Pearson correlation between the variables analyzed in soils of the state of Santa Catarina, Brazil

	Saturação por Bases	pH água	pH KCl	TOC	Argila	Ba
Sat bases	1,00					
pH água	0,86	1,00				
pH KCl	0,91	0,95	1,00			
TOC	-0,23	-0,31	-0,25	1,00		
Argila	-0,06	-0,08	-0,11	-0,71	1,00	
Ba	0,36	0,44	0,45	-0,19	-0,07	1,00

## Conclusão

As concentrações de Ba variaram entre os tipos de solos, com os maiores teores em solos basálticos da região oeste. A diversidade dos solos exige um entendimento detalhado para normas ambientais adequadas. O manejo adequado do solo é essencial para mitigar os efeitos adversos do Ba e conservar os ecossistemas locais.

## Agradecimentos

Ao Instituto do Meio Ambiente (IMA-SC), à Capes, Fapesc, Programa de Bolsas de Santa Catarina (Uniedu-SC) e Laboratório de Levantamento e Análise Ambiental (LLAA) da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc).

## Referências

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. 2010. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla>. Acesso em: 01 set. 2023.

ANDRADE, M.G.; LIMA, A.S.T.; MELO, W.J.; SANTOS, E.J.; HERRMANN, A.B. Elementos-traço em dois latossolos após aplicações anuais de lodo de esgoto por treze anos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, n.1, p.135, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p135>.

ARAÚJO, P.R.M. **Teores de referência e geoquímica de metais pesados em solos da bacia CABO – PE**. 2014. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

BIONDI, C.M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do Estado de Pernambuco**. 2010. 70p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

CAMPOS, M.C.C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. *Ambiência*, Guarapuava, v. 6, n. 3, p. 547-565, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº**

**420 de 28 de dezembro de 2009**. Acesso em: 10 set. 2023.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. Courier Corporation, 1994.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016.

MAGALHÃES, M.O.L.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; ZONTA, E.; BECERRA, A.T.; LASTRA-BRAVO, X.B.; COUTINHO, I.B. Reducing conditions on barium absorption in rice plants cultured in BaSO<sub>4</sub>-enriched soil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.36, n.1, p.119, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17539>.

MELO, L.C.A.; SILVA, E.B.; ALLEONI, L.R.F. Transfer of cadmium and barium from soil to crops grown in tropical soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.6, p.1939-1949, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832014000600028>.

MERLINO, L.C.S.; MELO, W.J.; MACEDO, F.G.; GUEDES, A.C.T.P.; RIBEIRO, M.H.; MELO, V.P.; MELO, G.M.P. Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.6, p.2031-2039, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000600027>.

MULLER, S.F. **Levantamento pedológico detalhado de áreas no oeste de catarinense**. 2020. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agrônômica Ceres 1981. 440p.

PAYE, H.S.; MELLO, J.W.V.; MELLO, S.B. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos traço em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 1031-1041, 2012.

REBÊLO, A.G.M.; MONTEIRO, M.T.F.; FERREIRA, S.J.F.; RÍOS-VILLAMIZARA, E.A.; QUESADAB, C.A.N.; JUNIOR, S.D.

Valores de referência da concentração de metais pesados em solos na Amazônia Central. *Química Nova*, v.43, n.5, p.534-539, 2020.

RIZZARDO, J. **Teores pseudo totais de bário em solos com características contrastantes**. 2020. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

SANTA CATARINA. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. **Portaria nº 45, de 19 de março de 2021**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Florianópolis, SC.

SILVA JUNIOR, E.C; WADT, L.H.O.; SILVA, K.E.; LIMA, R.M.B; BATISTA, K.D.; GUECES, M.C; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; REIS, A.R.; LOPES, G.; BROADLEY, M.R.; YOUNG, S.D.; GUILHERME, L.R.G. Geochemistry of selenium, barium, and iodine in representative soils of the Brazilian Amazon rainforest. *Science of the Total Environment*, v.828, p.154426, 2022.

SOUZA, L.C. **Teores naturais de arsênio, bário, cádmio e níquel para solos do estado de Santa Catarina**. 2015. 147f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

TEDESCO J.M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2 ed Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p (Boletim Técnico, 5)

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Brasília, EMBRAPA, DF: 3 ed., 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Environmental health criteria 107**, Geneva. 1990.