



COMPÊNDIO DE SOLOS DO BRASIL

VOLUME 1

Editores:
Fabrício de Araújo Pedron
Marcos Gervasio Pereira



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**
Núcleo Regional Sul

Compêndio de Solos do Brasil

Volume 1

Compêndio de Solos do Brasil - volume 1

Editores

Fabício de Araújo Pedron
Marcos Gervasio Pereira

1ª edição

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul
Santa Maria - Rio Grande do Sul
2024

Capa e projeto gráfico: Fabrício de A. Pedron

Edição de texto: Autores

Diagramação: Fabrício de A. Pedron

Revisão: Autores

Impressão: E-Book

Copyright: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul

Conselho Editorial SB-CS-NRS: Prof. Dr. Cledimar Rogério Lourenzi (UFSC), Prof^a. Dr^a. Monique Souza Teixeira (UFSC), Prof. Dr. Daniel Alexandre Heberle (Univinte), Dr. Rafael Ricardo Cantú (EPAGRI/SC), Dr. Marcos Lima Campos do Vale (EPAGRI/SC), Prof. Dr. Fabrício de Araújo Pedron (UFSM).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Compêndio de solos do Brasil [livro eletrônico] : volume 1 / editores Fabrício de Araújo Pedron, Marcos Gervasio Pereira. -- 1. ed. -- Santa Maria, RS : Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2024.
PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-992884-5-6

1. Biomas - Brasil 2. Ciência do solo 3. Solo I. Pedron, Fabrício de Araújo. II. Pereira, Marcos Gervasio.

24-192070

CDD-631.4

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciência do solo : Pedologia 631.4

Elaine de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

A reprodução total ou parcial desta publicação será permitida mediante a citação da sua autoria.



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**
Núcleo Regional Sul

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul

Tel.: (0xx) 55 3220-8918

E-mail: contato@sbcs-nrs.org.br

<https://www.sbc-s-nrs.org.br/>

Sumário

Autores	VI
Apresentação	08
1 Bioma Pampa	
1.1 Solos com gradiente textural da Depressão Central do RS	09
1.2 Solos esmectíticos do sudoeste da Campanha Gaúcha	30
2 Bioma Pantanal	
2.1 Solos espódicos e salinos-sódicos do Pantanal Sul	43
3 Bioma Mata Atlântica	
3.1 Solos da Serra Catarinense	60
3.2 Solos da Baixada Litorânea Fluminense	89
3.3 Solos orgânicos do estado do Rio de Janeiro	108
4 Bioma Caatinga	
4.1 Solos das chapadas e vales do Seridó Potiguar	131
5 Bioma Cerrado	
5.1 Solos do Planalto Maracaju-Campo Grande	149
5.2 Solos do Planalto do Tocantins	168
6 Bioma Amazônia	
6.1 Solos da região Sul Amazonense	187
6.2 Solos antrópicos da região Sul Amazonense	205

Autores

Ademir Fontana
Pesquisador A da Embrapa Solos
ademir.fontana@embrapa.br

Arcângelo Loss
Prof. Associado do Departamento de Engenharia Rural da UFSC
arcangelo.loss@ufsc.br

Carlos Roberto Pinheiro Junior
Pós Doc em Ciênciado Solo na ESALq/USP
robertojrpinheiro@gmail.com

Denilson Dortzbach
Pesquisador EPAGRI/SC
denilson@epagri.sc.gov.br

Erico Albuquerque dos Santos
Doutorando do PPG em Agroecossistemas
ericogeologia@gmail.com

Fabício de Araújo Pedron
Prof. Associado do Departamento de Solos da UFSM
fapedron@ufsm.br

Jean Michel Moura-Bueno
Prof. da Unicruz
bueno.jean1@gmail.com

Jolimar Antonio Schiavo
Prof. do Departamento de Solos da UEMS
schiavo@uems.br

José João Lelis Leal de Souza
Prof. Associado do Departamento de Solos da UFV
jjlelis@ufv.br

Luana Moreira Florisbal
Prof. Adjunta do Departamento de Geologia da UFSC
luana.florisbal@ufsc.br

Luís Antônio Coutrim dos Santos
Prof. Adjunto Colegiado de Engenharia Florestal da UEA
lacsantos@uea.edu.br

Naelmo de Souza Oliveira
Doutorando do PPG em Agronomia da UEMS
naelmo-95@hotmail.com

Marcos Gervasio Pereira
Prof. Titular do Departamento de Solos da UFRRJ
gervasio@ufrj.br

Milton César Costa Campos
Prof. Titular do Departamento de Solos e Engenharia Rural da UFPB
mcesarsolos@gmail.com

Otavio Augusto Queiroz dos Santos
Doutorando do PPG em Ciência do Solo da UFRRJ
otavioqueiroz77@gmail.com

Pablo Miguel
Prof. Adjunto do Departamento de Solos da UFPel
pablo.miguel@ufpel.edu.br

Ricardo Simão Diniz Dalmolin
Prof. Titular do Departamento de Solos da UFSM
dalmolin@ufsm.br

Apresentação

A Pedologia brasileira tem se reinventado nas últimas décadas. Após o seu apogeu, nas décadas de 60 a 80, quando foram realizados muitos levantamentos de solos em escala regional e nacional, houve um período de menor atividade e de ações mais localizadas. Por volta dos anos 2000, a Pedologia brasileira inicia uma nova fase, levando os conhecimentos básicos para a aplicação nos diversos campos de atuação, especialmente na produção agrosilvopastoril. Esse novo período se destaca pelo emprego de novas tecnologias digitais para a qualificação das ações pedológicas nos âmbitos científicos, educativos e tecnológicos.

Como exemplo do atual desenvolvimento da Pedologia brasileira pode ser citado o Pronasolos (Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos do Brasil), iniciado em 2018, o qual tem gerado demanda por recursos humanos qualificados para a sua realização. Neste sentido, a Unisolos - nome usado para designar o curso de especialização EAD em Geoprocessamento, Levantamento e Interpretação de Solos, lançado em 2023, em rede, por diversas universidades federais em parceria com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) - busca contribuir para a formação especializada de técnicos na área de Pedologia.

Dentro das instituições de ensino superior no Brasil, assim como na SBCS, a produção de materiais de ensino de elevada qualidade, visando a formação profissional, sempre foi uma preocupação. Produzir materiais com enfoque na caracterização dos solos de um país com dimensões continentais como o Brasil tem sido um desafio. Neste contexto, o Grupo de Trabalho “Soil Judging Contest” da SBCS, criado para a promoção das competições de solos no país, ao realizar a 1ª Competição Virtual de Solos do Brasil, em 2020, vislumbrou a oportunidade de produzir uma coletânea sobre os solos brasileiros, considerando a diversidade dos seus biomas.

Posta em prática, esta iniciativa culmina com a apresentação do 1º volume do Compêndio de Solos do Brasil - coletânea que visa disponibilizar conhecimentos e informações pedológicas para técnicos, professores e alunos de graduação e pós-graduação. Os textos foram cuidadosamente redigidos por experientes pedólogos e trazem de forma simples a riqueza dos solos regionais, com informações genéticas, morfológicas, químicas, físicas, taxonômicas e aptidão agrícola. Disponibilizada gratuitamente na forma de e-book, o Compêndio de Solos do Brasil vai contribuir para o reconhecimento da diversidade pedológica do nosso país. Desejamos uma boa leitura a todos!

Os editores.



Solos com gradiente textural da Depressão Central do Rio Grande do Sul

*Jean Michel Moura-Bueno^{1,2}; Fabrício de Araújo Pedron²; Ricardo
Simão Diniz Dalmolin²; Pablo Miguel³.*

¹Universidade de Cruz Alta

²Universidade Federal de Santa Maria

³Universidade Federal de Pelotas

1 Introdução

O solo é um recurso natural de suma importância na sustentação dos ecossistemas. O solo viabiliza diversos serviços ambientais como, por exemplo, a produção vegetal, a biodiversidade e a ciclagem de nutrientes, todos associados ao desenvolvimento ambiental, social e econômico das populações. Neste sentido, o uso racional das terras, de modo sustentável, exige o conhecimento prévio das características e limitações dos solos, as quais são obtidas através dos levantamentos pedológicos e de aspectos do meio físico.

No sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul (RS), fazendo parte do bioma Pampa, existe uma região constituída por geologia sedimentar associada a solos arenosos, profundos e com gradiente textural elevado, denominada de Depressão Central. Esta região é formada pelos depósitos sedimentares (marinhos, lacustres, fluviais e eólicos) da Bacia do Paraná, entre os Períodos Permiano e Jurássico. A Depressão Central do RS apresenta solos com potencial agrícola, porém, com elevada fragilidade, especialmente a erosão, que têm sido amplamente explorados para a produção de grãos e pecuária, os quais precisam ser utilizados com técnicas complexas de conservação para garantir a sua sustentabilidade agrônômica e ambiental.

O objetivo deste capítulo é abordar, de forma detalhada, a diversidade pedológica da província geomorfológica da Depressão Central do RS, apresentando um panorama dos diferentes tipos de classes de solos com gradiente textural da região do município de Santa Maria, a relação solo-paisagem, as principais características físicas e químicas dos solos, além de feições morfológicas especiais, suas limitações de uso agrícola e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

A província geomorfológica da Depressão Central está localizada na porção central do RS (Figura 1), entre a região do Planalto e a Serra do Sudeste (Escudo Cristalino). A região faz parte do Bioma Pampa, com uma área total de 31.778 km² (Brasil, 1973), correspondendo a 11,3% do estado do RS. O clima predominante da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) de acordo com o sistema de classificação de Köppen, caracterizado por não apresentar estação seca, com temperatura média anual de 19,2°C e precipitação pluviométrica anual média de 1.700 mm (Alvares et al., 2013).

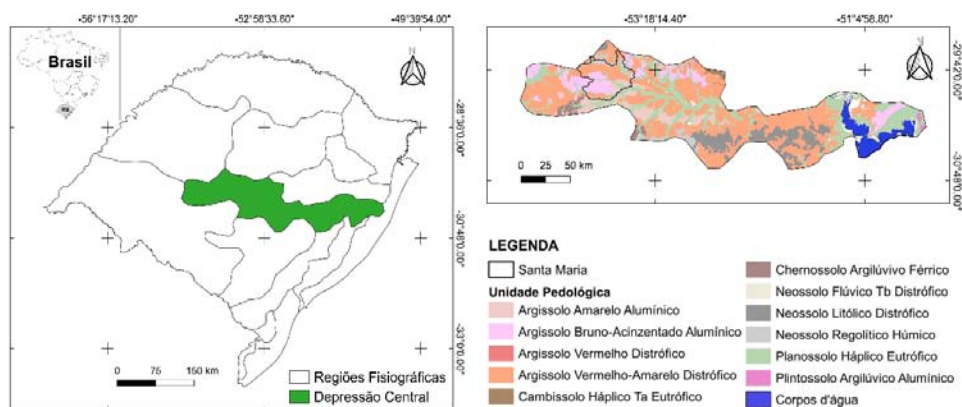
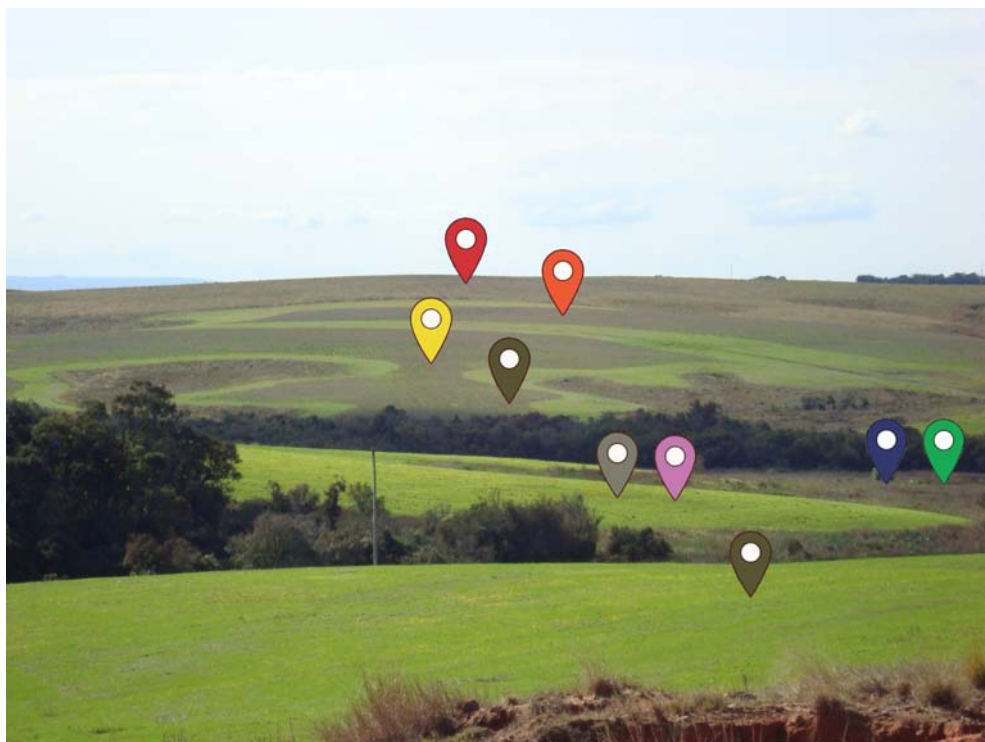


Figura 1. Mapa de localização da Depressão Central no estado do Rio Grande do Sul, Brasil e mapa de solos da região. Fonte: dados cartográficos do IBGE (2017) e Brasil (1973) publicado na escala 1:750.000 (legenda atualizada conforme Santos et al., 2018).

Para exemplificar os solos com gradiente textural da região da Depressão Central foi selecionada uma catena típica do município de Santa Maria, localizado no centro do RS. A geologia em Santa Maria é composta predominantemente por sedimentos da Formação Sanga do Cabral (arenitos finos com intercalações de siltitos, argilitos e carbonatos), Formação Santa Maria (Membro Passo das Tropas - arenitos grosseiros a médios; Membro Alemoa - siltitos argilosos), Formação Catuturrita (arenitos finos e médios), Formação Botucatu (arenitos eólicos) e depósitos fluviais de várzeas inconsolidados (arenitos, siltitos e argilitos) (Maciel Filho, 1990; Pedron et al., 2019).

A geomorfologia da região é variada, ocorrendo feições geomorfológicas com relevo ondulado (região que fazem divisa com Planalto Médio e a Serra do Sudeste), seguidas por coxilhas (colinas) sedimentares com relevo suave ondulado a forte ondulado e várzeas de depósitos fluviais recentes com relevo plano a suave ondulado. Em relação aos solos, há o predomínio dos Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Amarelos, Argissolos Bruno-Acinzentados e Planossolos Háplicos. Também podem ocorrer em menor expressão os Argissolos Acinzentados, Plintossolos Argilúvicos e Pétricos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos (Figura 2).



 PV
  PVA
  PA
  PBAC
  PAC
  FF/FT
  SX
  GX

Figura 2. Catena típica do município de Santa Maria, RS, ilustrando a relação solo-paisagem e as principais classes de solos. PV: Argissolo Vermelho, PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo, PA: Argissolo Amarelo, PBAC: Argissolo Bruno-Acinzentado, PAC: Argissolo Acinzentado, FF/FT: Plintossolo Pétrico/Plintossolo Argilúvico, SX: Planossolo Háplico, GX: Gleissolo Háplico. Fonte: Dos autores.

3 Relação solo – paisagem

O domínio dos Argissolos e Planossolos na Depressão Central fica evidente na relação solo-paisagem predominante na área do município de Santa Maria, RS (Figura 2). A disposição dos solos na paisagem da região se dá, predominantemente, da seguinte forma: Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos no topo e no terço superior das coxilhas. No terço médio ocorrem os Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos e no terço inferior das coxilhas ocorrem os Argissolos Bruno-Acinzentados e Argissolos Acinzentados. Já nas várzeas, predominam os Planossolos Háplicos (Flores et al., 2015; Streck et al., 2018), frequentemente associados aos Gleissolos Háplicos.

Com menor frequência ainda é possível encontrar Plintossolos Argilúvicos ou Plintossolos Pétricos no terço inferior das coxilhas. Também ocorrem solos hidromórficos ou com drenagem imperfeita, como Planossolos e Argissolos Bruno-Acinzentados, no topo de coxilhas, especialmente naquelas onde ocorre sedimentos finos como os lamitos (siltitos argilosos da Fm. Santa Maria) e arenitos finos (Fm. Sanga do Cabral), os quais dificultam a drenagem e aumentam o tempo de estagnação hídrica no solo.

4 Dados pedológicos

4.1 Argissolos Vermelhos Distróficos abrupticos

Os Argissolos Vermelhos Distróficos abrupticos (Figura 3) ocorrem predominantemente no topo e no terço superior das coxilhas, em altitudes entre 80 e 110 metros, em relevo suave ondulado (declividades entre 3 e 8%). São solos bem drenados desenvolvidos de rochas sedimentares, geralmente arenitos grossos, e apresentam sequência de horizontes A-E-Bt-C, com espessura do solum (A+B) de 200 cm, distróficos, com presença de mudança textural abrupta e classe textural francoarenosa no A e no E e argila no B (Quadro 1).

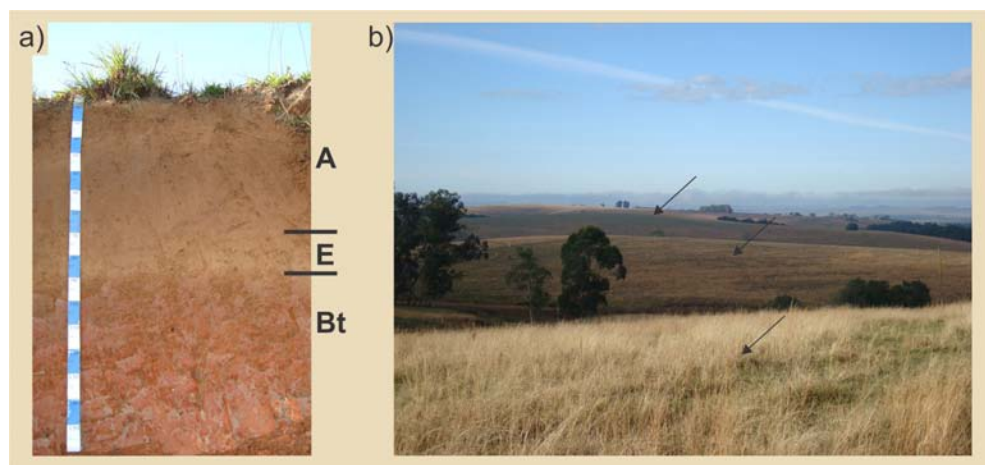


Figura 3. Perfil (a) e paisagem (b) de ocorrência do Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (Santa Maria, RS). As setas indicam as posições na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Vermelho Distrófico abrupto. Dados extraídos de Flores e Alba (2015).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-43	430	260	160	150	1,07
A2	43-86	470	240	140	150	0,93
E	86-100	460	300	90	150	0,90
Bt1	100-122	310	190	140	360	0,39
Bt2	122-200 ⁺	240	150	190	420	0,45

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,9	0,9	0,4	0,04	0,01	3,3	0,5	5,2
A2	4,7	0,3	0,1	0,03	0,01	3,2	1,0	4,6
E	4,8	0,1	0,1	0,02	0,01	1,9	0,3	2,4
Bt1	5,0	1,0	0,5	0,05	0,03	3,8	2,0	7,4
Bt2	5,0	0,7	0,6	0,05	0,03	3,1	2,2	6,7

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	26	27	2,2	5,7
A2	71	9	1,3	4,2
E	60	8	1,0	2,7
Bt1	56	22	1,0	3,0
Bt2	61	21	1,9	2,8

4.2 Argissolos Vermelho-Amarelos Ta Distróficos abruptos

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Ta Distróficos abruptos (Figura 4) ocorrem predominantemente no terço médio-superior das coxilhas, em altitudes entre 80 e 110 metros, sob revelo suave ondulado (declividades entre 3 e 8%). São solos bem drenados, desenvolvidos de rochas sedimentares do tipo arenitos e siltitos argilosos. Apresentam sequência de horizontes A-E-Bt-C ou A-Bt-C, espessura do solum (A+B) de 180 cm, distróficos, com presença comum de caráter plântico ou concrecionário, classe textural areia franca no A e francoargilosa a argila no B (Quadro 2).

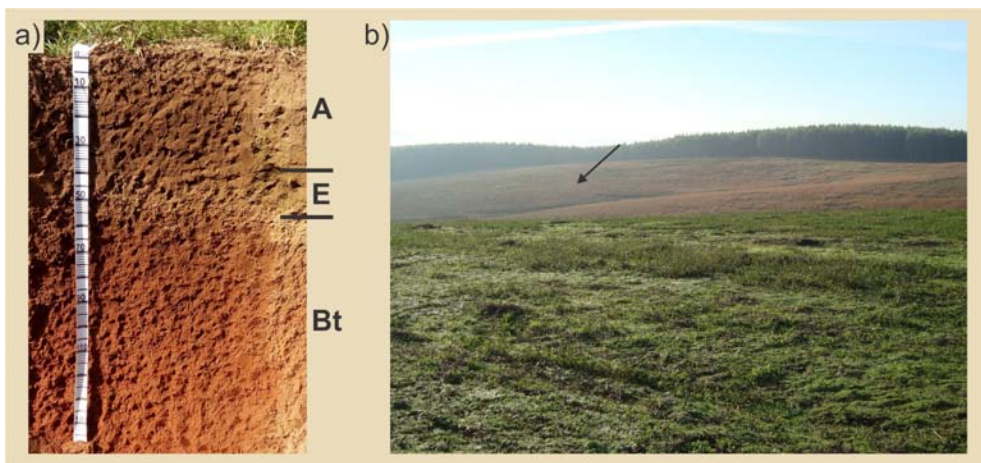


Figura 4. Perfil (a) e paisagem (b) de ocorrência do Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abruptico (Santa Maria, RS). A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abruptico. Dados extraídos de Pedron et al. (2008).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0-22	403	321	207	69	3,01
A	22-50	361	344	211	84	2,51
E	50-85	349	339	252	60	4,20
Bt	85-180	167	179	254	400	0,63

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ap	4,5	1,2	0,5	0,13	-	2,6	0,4	4,8
A	4,2	0,7	0,2	0,12	-	2,7	1,2	4,9
E	4,5	0,7	0,2	0,08	-	1,6	0,5	3,1
Bt	4,3	3,1	2,2	0,12	-	4,7	2,6	12,8

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ap	18	38	2,5	5,7
A	54	21	2,5	4,6
E	34	32	1,5	2,9
Bt	32	42	1,0	2,3

4.3 Argissolos Amarelos Ta Alumínicos típicos

Os Argissolos Amarelos Ta Alumínicos típicos (Figura 5) ocorrem no terço médio-inferior da coxilha, em altitudes entre 40 e 110 metros, sob revelu suave ondulado a ondulado (declividades entre 3 e 12%). São solos bem a moderadamente drenados, desenvolvidos de rochas sedimentares (siltitos ou arenitos). Apresentam a sequência de horizontes A-Bt-BC-C, espessura do solum (A+B) variando de 100 a 150 cm, com a presença de caráter alumínico, eventualmente com mudança textural abrupta e classe textural areia franca no A e argila no B (Quadro 3).

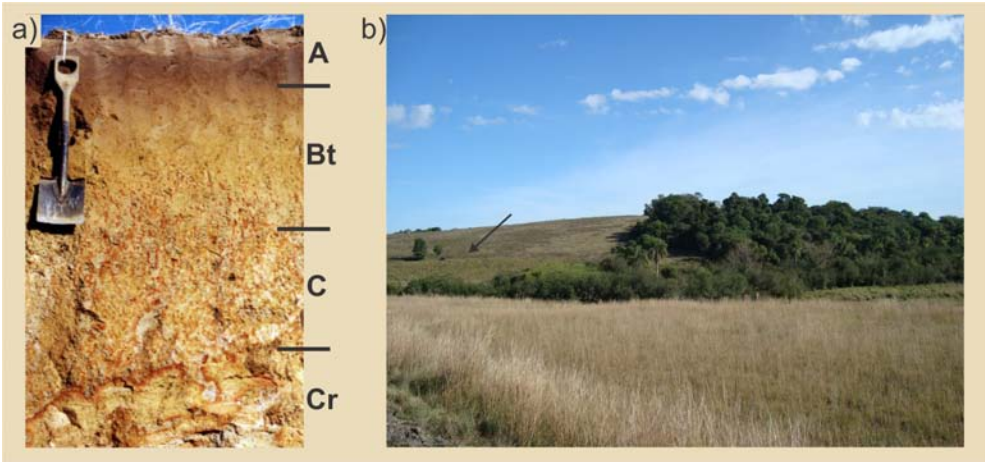


Figura 5. Perfil (a) e paisagem (b) de ocorrência do Argissolo Amarelo Ta Alumínico típico (Santa Maria, RS). A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Amarelo Ta Alumínico típico. Dados extraídos de Pedron et al. (2008).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0-14	346	295	240	119	2,02
A	14-40	273	291	264	172	1,54
Bt1	40-66	154	227	194	425	0,46
Bt2	66-86	85	270	310	334	1,31
Bt3	86-110	181	221	264	334	0,79

Quadro 3. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ap	3,9	0,8	0,1	0,07	-	7,7	2,8	11,5
A	3,9	0,7	0,1	0,03	-	4,5	3,5	8,8
Bt1	4,1	0,7	0,2	0,05	-	8,2	3,3	12,5
Bt2	4,3	0,6	0,4	0,05	-	4,8	4,0	9,8
Bt3	4,4	1,0	0,6	0,07	-	4,8	4,0	10,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ap	74	8	1,5	6,3
A	82	9	1,0	5,8
Bt1	78	8	1,0	4,1
Bt2	79	11	1,0	3,5
Bt3	71	16	1,0	2,9

4.4 Argissolos Bruno-Acinzentados Ta Alumínicos abruptos

Os Argissolos Bruno-Acinzentados Ta Alumínicos abruptos (Figura 6), ocorrem no terço médio-inferior da coxilha, em altitudes entre 40 e 110 metros e em relevo suave ondulado (declividades entre 3 e 8%). São desenvolvidos de rochas sedimentares (arenitos e siltitos), apresentam sequência de horizontes A-E-Bt-C ou A-Bt-C, espessura do solum (A+B) geralmente inferior a 100 cm, presença de caráter alumínico e classe textural fracoarenosa no A e fracoargilosa a argila no B (Quadro 4).

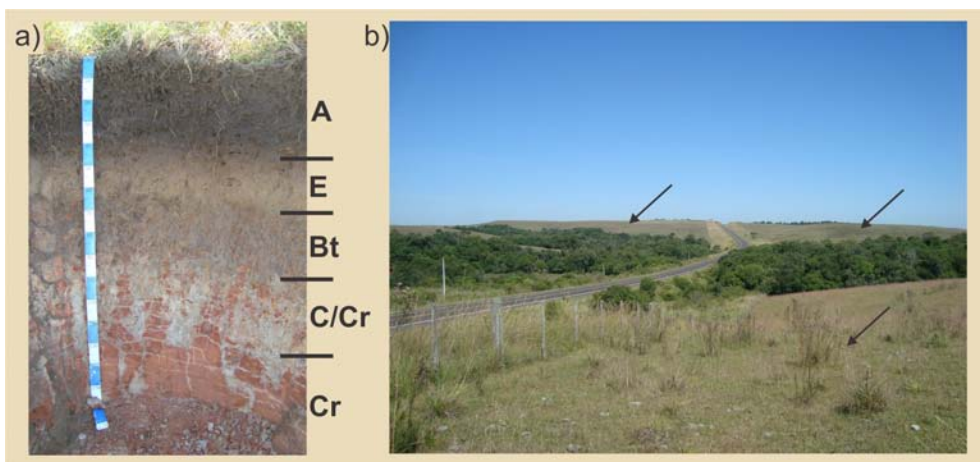


Figura 6. Perfil (a) e paisagem (b) de ocorrência do Argissolo Bruno-Acinzentado Ta Aluminico abruptico (Santa Maria, RS). As setas indicam as posições na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Bruno-Acinzentado Ta Aluminico abruptico. Fonte: Oliveira (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-42	228	423	242	107	2,26
E	42-63	191	415	300	93	3,22
Bt	63-90	131	210	290	368	0,79
C/Cr	90-130	34	431	341	194	1,75

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,3	1,2	0,5	0,29	0,00	16,6	3,1	21,7
E	5,7	0,6	0,0	0,04	0,00	12,8	3,7	17,2
Bt	5,1	4,1	2,1	0,12	0,09	28,2	7,5	42,1
C/Cr	5,5	6,4	3,6	0,20	0,21	18,0	4,4	32,8

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	61	9	-	14,1
E	86	4	-	4,6
Bt	54	15	-	7,8
C/Cr	30	32	-	3,0

4.5 Planossolos Háplicos Eutróficos gleissólicos

Os Planossolos Háplicos Eutróficos gleissólicos (Figura 7) ocorrem predominantemente nas várzeas, em altitudes entre 40 e 60 metros, sob relevo plano (declividade menor que 3%). São solos mal drenados, desenvolvidos de sedimentos inconsolidados (depósitos aluviais). Apresentam mosqueados, muitas vezes desde a superfície, e sequência de horizontes A-E-Btg ou A-Btg. A espessura do solum (A+B) varia de 100 a 150 cm (Quadro 5). Por serem eutróficos, possuem elevada saturação por bases no horizonte Btg, especialmente Ca e Mg. Entretanto, costumam apresentar baixa fertilidade nos horizontes superficiais.

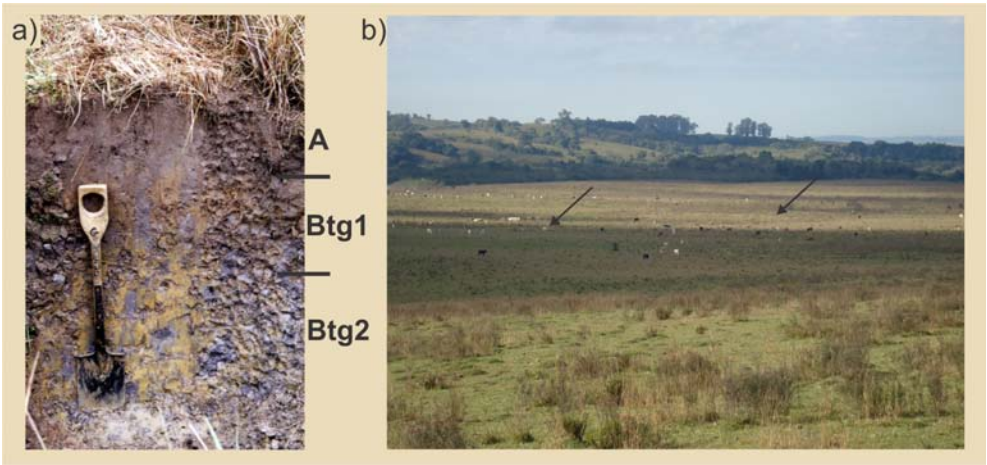


Figura 7. Perfil (a) e paisagem (b) de ocorrência do Planossolo Háplico Eutrófico típico (Santa Maria, RS). As setas indicam as posições na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 5. Dados granulométricos e químicos do Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico. Dados extraídos de Pedron et al. (2005).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-25	75	266	479	180	2,66
A2	25-36	66	385	359	190	1,89
Btg1	36-70	54	203	363	380	0,96
Btg2	70-205	41	218	441	300	1,47

Quadro 5. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	5,1	6,2	1,6	0,13	-	7,8	0,2	16,0
A2	5,5	7,2	1,7	0,07	-	3,0	0,0	11,9
Btg1	6,0	15,7	4,0	0,14	-	2,1	0,0	21,9
Btg2	6,0	19,1	4,7	0,19	-	1,9	0,0	25,9

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	2	50	4,8	10,1
A2	0	75	2,5	2,7
Btg1	0	91	1,5	1,3
Btg2	0	93	2,5	1,3

5 Feições morfológicas típicas

As principais feições morfológicas características presentes nos Argissolos, Plintossolos e Planossolos da Depressão Central do RS são as seguintes: Plintitas, petroplintitas, mosqueados, estrutura em blocos e prismática e gradiente textural elevado associado a transição abrupta entre horizontes A-B ou E-B.

5.1 Plintitas e petroplintitas

As plintitas (Figura 8a) são feições constituídas pela mistura de argila, com baixos teores de C orgânico e elevados teores de Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais. As petroplintitas (Figura 8b) são concreções resultantes do endurecimento irreversível das plintitas (Santos et al., 2018). A gênese destes materiais ferruginosos está relacionada com a segregação, mobilização, transporte e concentração do ferro no perfil do solo, ocorrendo no terço inferior de vertentes e em planícies aluviais, associadas a períodos de elevada umidade (Miguel et al., 2013).

Na região da Depressão Central, plintitas e petroplintitas ocorrem associadas aos Argissolos, Plintossolos e Planossolos, principalmente ocupando posições de transição entre várzeas e o início das coxilhas (terço inferior) (Miguel et al., 2013). Estas feições caracterizam os horizontes diagnósticos plíntico (volume de pelo menos 15% de plintita em seção com pelo menos 15 cm de espessura), concrecionário (volume de pelo menos 50% de petroplintitas em seção com pelo menos

30 cm de espessura) e litoplíntico (presença de petroplintitas contínuas ou pouco fraturadas com pelo menos 10 cm de espessura). Quando em volume ou espessura insuficiente para caracterizar os horizontes acima, conferem caráter plíntico, concrecionário ou litoplíntico aos solos.

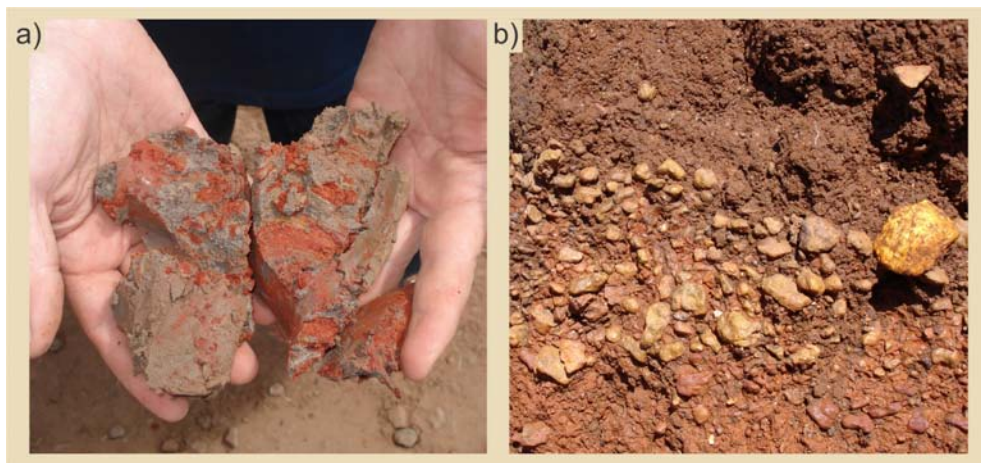


Figura 8. Exemplo de plintita (a) e petroplintita (b) coletada em horizonte B de Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo (Santa Maria, RS), respectivamente. Fonte: Dos autores.

5.2 Mosqueados

Quando duas ou mais cores constituem uma seção do solo, diz-se que o horizonte apresenta mosqueamento quando se verifica uma cor predominante, ou variegado quando não há cor predominante. Nos solos da Depressão Central é muito comum a presença de mosqueados resultantes dos processos de oxi-redução do ferro (Figura 9). Neste caso, os mosqueados ocorrem em ambientes imperfeitamente drenados a mal drenados, conferindo manchas amareladas, laranjas e avermelhadas dispostas em uma matriz acinzentada, resultante da perda de ferro e expressão das cores impressas pelo predomínio de caulinita na fração argila e/ou quartzo na fração areia.

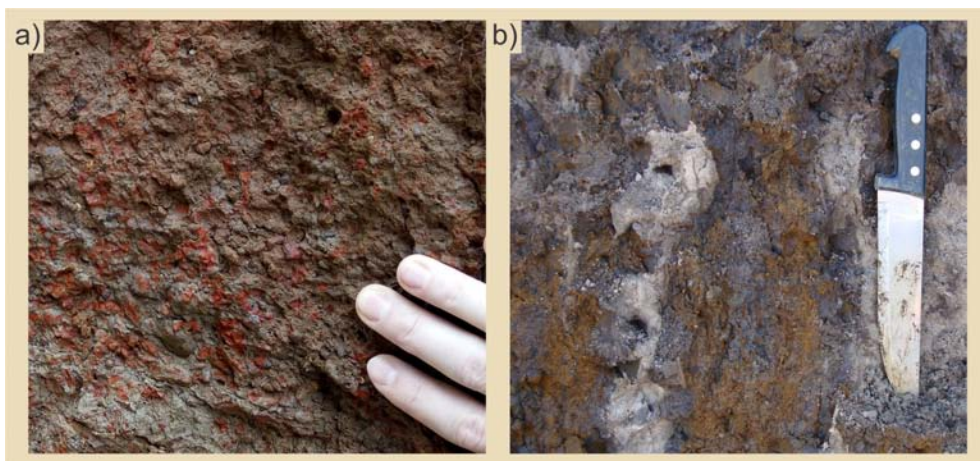


Figura 9. Exemplo de mosqueados: a) Presença de plintitas em Argissolos; b) mosqueados de oxi-redução em Planossolos na Depressão Central do RS. Fonte: Dos autores.

5.3 Estrutura em blocos e prismática

Os agregados do solo representam a organização ou arranjo dos seus componentes sólidos e formam-se pelo agrupamento das partículas unitárias, que se separam de outros agrupamentos por superfícies de fraqueza, individualizando-se em unidades estruturais. Esse arranjo das partículas em torno de uma linha, um ponto ou um plano define o tipo de estrutura do solo. Na região da Depressão Central do RS é predominante a estrutura em blocos angulares e subangulares no horizonte B dos Argissolos e Planossolos. Os blocos angulares (Figura 10a) caracterizam-se por faces planas e ângulos cortantes, enquanto os subangulares (Figura 10b) têm faces planas, recurvadas ou mistas, com vértices arredondados. As estruturas em blocos estão associadas ao predomínio de minerais do tipo 1:1 (caulinitas).

Outro tipo de estrutura presente nos solos da região é a prismática (Figura 10c), sendo essa mais comum no horizonte B dos Planossolos. Essa estrutura é definida quando partículas se dispõem em torno de uma linha vertical, com unidades de faces planas e dimensões verticais maiores que as horizontais. As estruturas prismáticas estão associadas à mineralogia do tipo 2:1 (esmectitas e vermiculitas).



Figura 10. Exemplo de estruturas: a) bloco angular em Argissolo; b) bloco subangular em Argissolo e c) estrutura prismática em Planossolos na Depressão Central do RS. Fonte: Dos autores.

5.4 Transição abrupta entre horizontes

Na Depressão Central, o predomínio do processo pedogenético de argiluviação (eluviação/iluviação de argilas) promove a formação de gradientes texturais elevados associados a transição abrupta entre os horizontes A-Bt ou E-Bt (Pedron e Dalmolin, 2019). A transição entre horizontes influencia na infiltração da água e na penetração de raízes no solo. Quanto mais rápida a transição vertical entre

horizontes, especialmente quando acompanhada de gradiente textural, maior é a dificuldade de infiltração de raízes e solutos no perfil do solo.

Nos solos da Depressão Central é comum a presença da mudança textural abrupta (Figura 11). Este atributo diagnóstico característico de Argissolos e Planossolos, de acordo com Santos et al. (2018), se refere ao aumento do teor de argila em 200 g kg^{-1} (em valor absoluto) do horizonte A para o B ou E para o B, em uma distância vertical $\leq 7,5 \text{ cm}$ (transição abrupta ou clara).

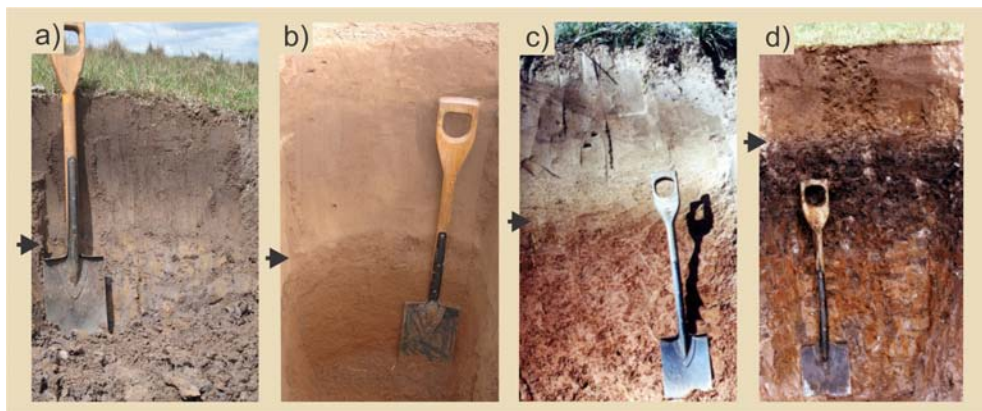


Figura 11. Solos com transição abrupta entre os horizontes A-B/E-B. a) Planossolo Háplico; b) Argissolo Vermelho-Amarelo; c) Argissolo Vermelho-Amarelo; d) Argissolo Bruno-Acinzentado. Depressão Central do RS. As setas indicam a transição entre os horizontes A ou E para o Bt. Fonte: Adaptado de Pedron et al. (2019).

6 Limitações de uso agrícola

A principal limitação dos Argissolos com relação às características físicas refere-se à presença de gradiente textural, identificado pela textura arenosa e franco-arenosa no horizonte A e ou E e argilosa e muito argilosa no horizonte Bt. Além disso, muitos solos apresentam mudança textural abrupta. Essas características condicionam maior suscetibilidade a erosão (Figura 12), pois a elevada taxa de infiltração de água no horizonte A e/ou E é significativamente reduzida no horizonte Bt, promovendo a saturação dos horizontes superficiais e o escoamento superficial (Streck et al., 2018). A textura mais arenosa na superfície confere maior suscetibilidade a desagregação e dispersão das partículas de solo, favorecendo a perda de solo pelo processo erosivo. Os processos erosivos destroem o perfil do solo, reduzem a sua fertilidade e afetam a mecanização das terras.

A presença frequente de horizonte E no perfil torna os Argissolos ainda mais

frágeis ao processo erosivo. Nestas circunstâncias é comum o aparecimento de erosão subsuperficial do tipo “piping”. A baixa condutividade no horizonte Bt promove a saturação do horizonte E. A ação da força da gravidade favorece a translocação lateral da água pelos macroporos do horizonte E, transportando partículas e criando canais subsuperficiais (Figura 13). Com o uso da terra, estes canais acabam solapando e dando início ao processo de voçorocamento da área.

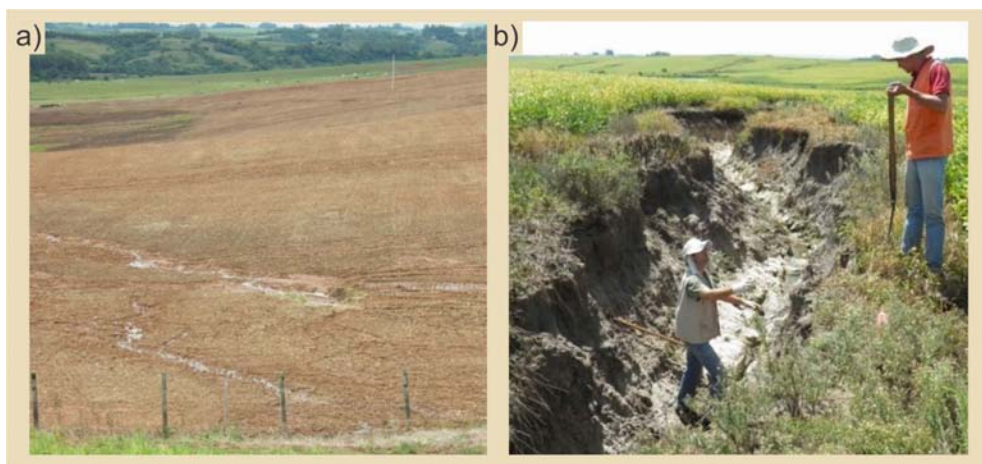


Figura 12. Presença de erosão difusa e em sulcos (a) e voçoroca (b) devido ao manejo inadequado em áreas agrícolas. Fonte: Carlos Alberto Flores.

Nestas condições, deve-se usar práticas conservacionistas como plantio direto, cultivo em nível e terraços em desníveis associados a canais escoadouros vegetados, visando a remoção do excesso de água da área. A manutenção da cobertura vegetal do solo é importante, por isso, recomenda-se a produção de grande quantidade de resíduos ao longo do ano, especialmente no período do inverno, onde as chuvas são mais frequentes. Como plantas de cobertura de solo para produção de matéria seca podem ser utilizados diferentes consórcios, tais como o de aveia, nabo forrageiro e ervilhaca. Outra opção é a cultura do milheto, a qual é de fácil instalação e requer poucos insumos. O milheto possui um sistema radicular profundo e vigoroso, o que o torna eficiente no aproveitamento e ciclagem de água e nutrientes. O uso de plantas de cobertura, além de proteger o solo do processo erosivo, contribuiu para o incremento do teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, melhoria da estrutura e aumento da infiltração da água no solo.

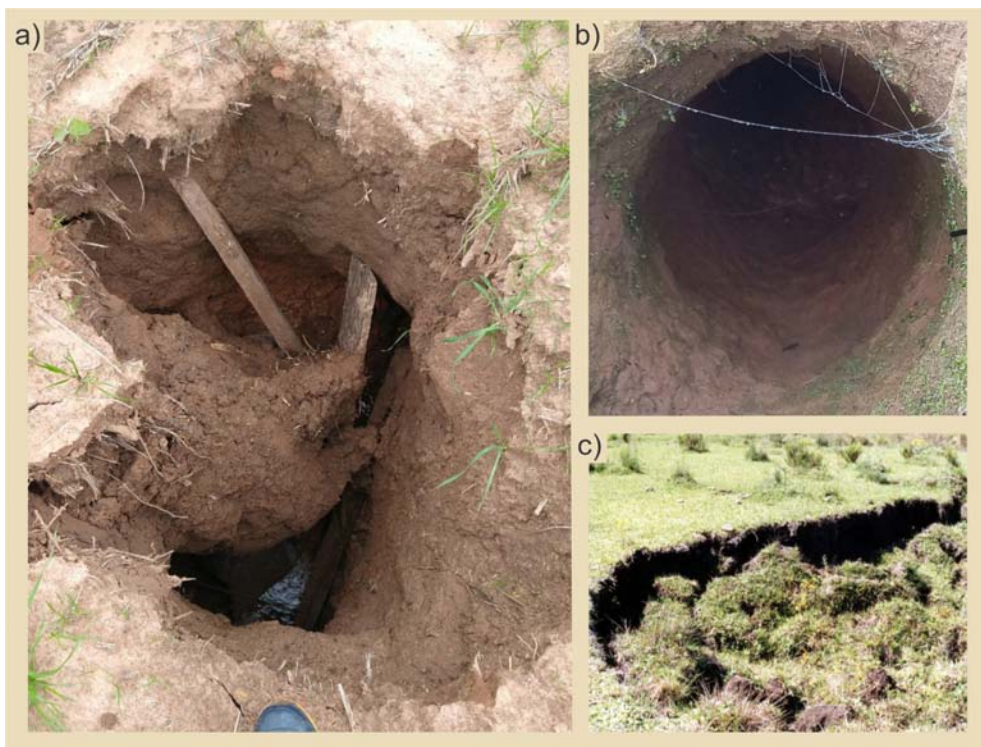


Figura 13. Presença de erosão subsuperficial “piping” já solapado (a e b) e início de voçoroca (c) devido ao solapamento dos canais subsuperficiais. Fonte: Dos autores.

As principais limitações químicas dos Argissolos da Depressão Central do RS referem-se à baixa fertilidade natural, devido à baixa saturação por bases (caráter distrófico) e alta saturação por alumínio (caráter alumínico). Os altos teores de alumínio trocável ao longo de todo o perfil são tóxicos para a maior parte das culturas anuais de grãos, pastagens e frutíferas.

A classe dos Planossolos compreende solos imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano. As principais limitações químicas desse solo referem-se à baixa fertilidade natural, devido ao baixo teor de fósforo e a baixa saturação por bases quando apresentam caráter distrófico. A principal limitação quanto às características físicas desse solo refere-se à má drenagem, que restringe o cultivo de culturas de sequeiro, especialmente em áreas com maior dificuldade de drenagem,

porém favorável ao cultivo do arroz irrigado.

Na região, com a introdução da cultura da soja nas várzeas, o horizonte B plânico, característico dos Planossolos, tem sido frequentemente confundido com camada compactada, quando presente próximo da superfície. A falta de conhecimento sobre a morfologia do solo tem gerado interpretações equivocadas e o uso de práticas ineficientes para promover a “descompactação” do horizonte B plânico.

7 Potencial de uso das terras

Conforme o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) e com base nos parâmetros químicos, físicos e localização dos solos apresentados neste capítulo, os usos mais indicados para os Argissolos presentes nas coxilhas (terras altas) seriam cultivos de grãos anuais, pastagens, fruticultura e silvicultura. O cultivo de nogueira e oliveira vem sendo conduzidas com sucesso na região. Como já mencionado, atenção especial deve ser dada à correção da acidez e fertilidade dos solos e ao planejamento de práticas conservacionistas complexas para a promoção do uso sustentável das terras.

Nas áreas de várzeas (terras baixas), os Planossolos apresentam potencial para o cultivo de arroz irrigado, pastagens e preservação natural (Streck et al., 2018). Em algumas áreas, onde o horizonte B plânico ocorre em profundidade superior a 40-50 cm, favorecendo a drenagem do terreno, pode-se implementar o cultivo de grãos de sequeiro, como tem ocorrido com a soja. O cultivo em camalhões também tem sido empregado para viabilizar culturas de sequeiro nas áreas de várzeas.

8 Considerações finais

Uma das características marcantes dos solos da Depressão Central do RS é a presença de gradiente textural elevado, caracterizado pela textura arenosa ou franco-arenosa no horizonte superficial e argilosa ou muito argilosa no horizonte Bt. Essas condições conferem elevada suscetibilidade ao processo erosivo, por isso devem ser manejados com a devida atenção, com destaque para o uso com lavouras anuais.

Outra característica dos solos da região é a baixa fertilidade natural, associada à presença de alumínio ao longo do perfil e, consequentemente, baixos teores de cálcio, magnésio e potássio no complexo sortivo. Adicionalmente, algumas classes de solos apresentam imperfeita ou má drenagem, limitantes para algumas

culturas, com destaque para frutíferas, oliveira, nogueira e culturas anuais em sistema de plantio direto como a soja, milho e trigo. Por outro lado, áreas com má ou imperfeita drenagem são aptas para a cultura do arroz irrigado.

Apesar do bom potencial agrícola dos solos da região, é comum a presença de voçorocas na meia encosta das coxilhas. A erosão intensa dos solos promove a sua degradação e redução da qualidade agrícola e ambiental. Portanto, o conhecimento sobre as particularidades de cada solo e o planejamento racional de uso são fundamentais ao manejo sustentável das terras na Depressão Central do RS.

9. Referências

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JL, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil: Meteorologische Zeitschrift. v. 22, p. 711–728, 2013.

Brasil, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife: MA/DPP, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

Flores CA, Alba JMF. Zoneamento edáfico de culturas para o município de Santa Maria/RS. Brasília: Embrapa, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Index of /cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

Maciel Filho CL. Carta geotécnica de Santa Maria. Santa Maria: Imprensa Universitária - UFSM, 1990.

Miguel P, Dalmolin RSD, Pedron FA, Fink JR, Moura-Bueno JM. Caracterização de plintitas e petroplintitas em solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Ciência Rural. 43: 999-1005, 2013.

Oliveira RB. Identificação do limite entre solo e saprolito em Argissolos Bruno-acinzentados derivados de rochas sedimentares. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria. 2012.

Pedron FA, Dalmolin RSD, Azevedo AC. eds. Solos do perímetro urbano de Santa Maria: características, classificação e potencial de uso. Santa Maria: Orium, 2008.

Pedron FA, Dalmolin RSD. Solos do Bioma Pampa Brasileiro. Ed. UFSM: Santa Maria. 2019.

Pedron FA, Dalmolin RSD, Flores CA. Gênese e morfologia dos solos arenosos do Bioma Pampa. In: Pedron, F.A.; Dalmolin, R.S.D. Solos do Bioma Pampa Brasileiro. Ed. UFSM: Santa Maria. 2019. p. 51-96.

Ramalho Filho A, Beek KJ. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1995. 65p.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa; 2018.

Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Giasson E, Pinto LFS, Flores CA, Schneider P. Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS-Emater/RS-Ascar, 2018.



Solos esmectíticos do sudoeste da Campanha Gaúcha

Fabício de Araújo Pedron¹; Jean Michel Moura-Bueno^{1,2}; Ricardo Simão Diniz Dalmolin¹; Pablo Miguel³.

¹ *Universidade Federal de Santa Maria*

² *Universidade de Cruz Alta*

³ *Universidade Federal de Pelotas*

1 Introdução

O Bioma Pampa é um ecossistema presente no sul do Brasil, abrangendo a metade sul do Rio Grande do Sul (RS), parte da Argentina e todo o Uruguai. No Brasil o Pampa se distribui em 176,5 mil km², sobre as regiões da Depressão Central, Escudo Cristalino, Litoral e Planalto (Campanha e Missões) (Pedron e Dalmolin, 2019). A vegetação característica deste bioma é predominantemente campestre (Campos Subtropicais), com pequenas manchas de florestas, associados à uma significativa diversidade vegetal, animal (Behling et al., 2009), geológica, geomorfológica e pedológica (Pedron e Dalmolin, 2019).

No Bioma Pampa brasileiro são comuns os ambientes rochosos com presença de afloramentos e solos rasos, como os Neossolos Litólicos, e ambientes arenosos, desenvolvidos sobre arenitos com o predomínio de Neossolos Quartzarênicos e areaais. Também são encontrados solos moderadamente profundos a profundos e argilosos, como Vertissolos, Chernossolos, Gleissolos e Planossolos (Pedron et al., 2019). Esta diversidade pedológica, associada à questões climáticas que condicionam uma menor umidade, tornam estas áreas ambientalmente frágeis e com algumas restrições à produção agrícola.

A região da Campanha Gaúcha, localizada na porção sudoeste do RS, dentro do Bioma Pampa, apresenta predomínio de solos argilosos derivados de rochas vulcânicas e sedimentos finos. Na fronteira sudoeste do RS, nos municípios de Uruguaiana e Quaraí, ocorre a sequência de solos das unidades Pedregal, Uruguaiana e Escobar (denominação regional conforme Brasil, 1973) – Neossolos Litólicos, Chernossolos Ebânicos e Vertissolos Ebânicos, respectivamente, os quais apresentam mineralogia predominantemente do tipo 2:1 expansiva, condicionando limitações físicas aos solos, restringindo o uso das terras.

Neste contexto, este capítulo abordará, de forma detalhada, os solos e paisagens desta porção do Bioma Pampa, apresentando a sua diversidade pedológica, os aspectos ambientais importantes, as limitações e o potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

A região abordada neste texto se refere a porção vulcânica da Campanha Gaúcha (Figura 1), também denominada de Planalto de Uruguaiana pelo Projeto Radam Brasil (IBGE, 1986). O clima local é do tipo Cfa (clima subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas e sem estação de seca definida). A precipitação anual e temperatura média variam de 1.346 mm e 19,7 °C em Uruguaiana e 1.388 mm e 17,8

°C em Santana do Livramento (Maluf, 2000). Essa região se caracteriza por uma elevada evapotranspiração e frequentes déficits hídricos, o que contribui para a ocorrência dos solos esmectíticos na região.

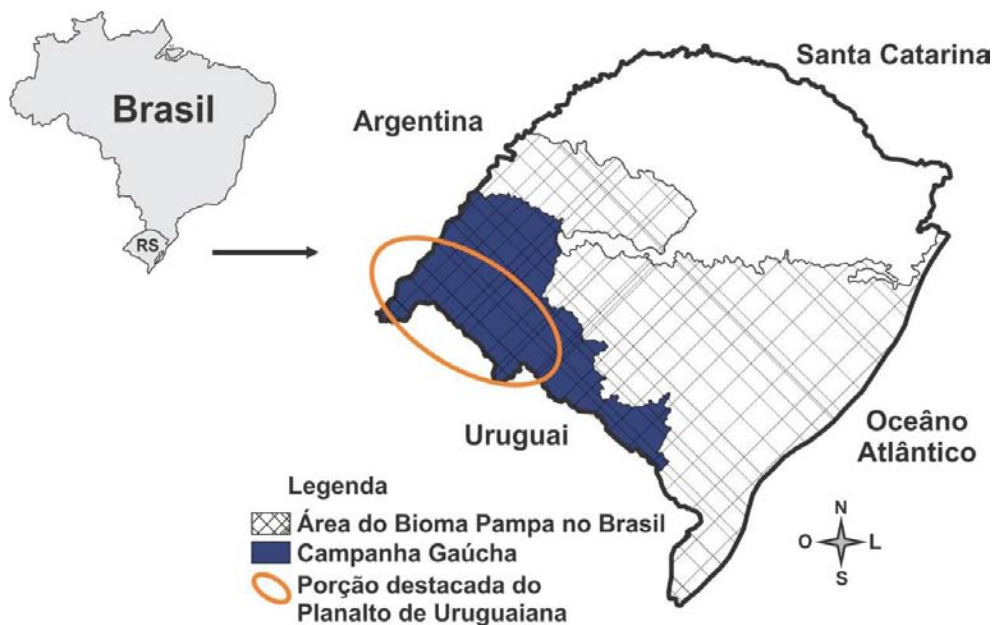


Figura 1. Localização do Bioma Pampa, da região da Campanha Gaúcha e do Planalto de Uruguiana - área de avaliação deste texto. Fonte: Dos autores.

O relevo local é constituído por coxilhas (colinas) suave onduladas a forte onduladas, com declividades variando de 3 a mais de 20%, e áreas baixas praticamente planas, onde é comum a ocorrência de solos hidromórficos. A região apresenta geologia vulcânica (Figura 2), pertencente a Formação Serra Geral (Cretáceo), fácies Alegrete, constituído por rochas de composição intermediária a ácidas (andesitos e riodacitos) (CPRM, 2008).

a)



b)



Figura 2. Imagens da paisagem com detalhe do afloramento de rochas vulcânicas (a) e dos muros de pedras típicos na região (b). Município de Quaraí, RS. Fonte: Dos autores.

3 Relação solo – paisagem

Como já apresentado, a área foco desta descrição apresenta coxilhas predominantemente onduladas, onde dominam os Neossolos Litólicos Eutróficos fragmentários da unidade Pedregal. Também são comuns áreas aplainadas nas porções mais baixas do terreno (Figura 3), onde podem ocorrer os Neossolos da unidade Pedregal, os Vertissolos Ebânicos Órticos chernossólicos da unidade Escobar e os Chernossolos Ebânicos Carbonáticos vertissólicos da unidade Uruguaiiana.

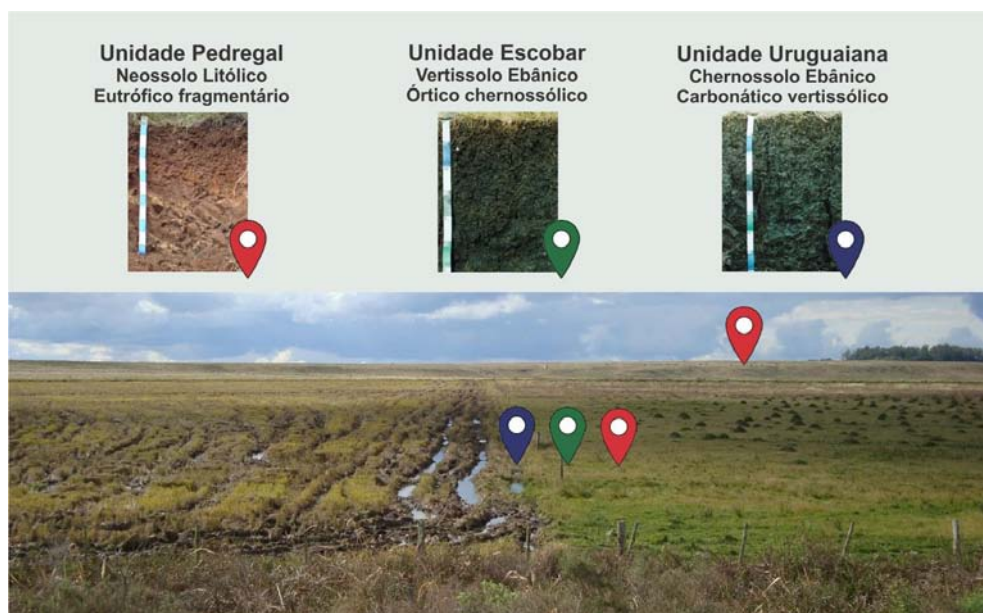


Figura 3. Relação solo – paisagem na porção sudoeste da Campanha Gaúcha. Fonte: Dos autores. Imagens dos perfis de Vertissolo e Chernossolo (Streck et al., 2018).

Na região mais próxima de Uruguaiiana, predominam nas porções aplainadas, juntamente com o Neossolos Litólicos, os Chernossolos Ebânicos, enquanto na região mais próxima a Quaraí e Santana do Livramento, predominam os Vertissolos Ebânicos. As porções mais baixas do terreno são, por vezes, hidromórficas. Conforme Almeida (2017), nas proximidades de Uruguaiiana podem ocorrer algumas manchas de Planossolos Háplicos Eutróficos vertissólicos.

Outro aspecto importante na distribuição destes solos na paisagem é que os Neossolos, Vertissolos e Chernossolos desta região apresentam em torno de 20% de inclusões entre si. Isso significa que para cada uma destas unidades de mapeamento simples, podem aparecer, em até 20% da área, porções das outras duas

classes de solos (consideradas como inclusões).

4 Dados pedológicos

4.1 Neossolos Litólicos Eutróficos fragmentários

São solos rasos (em torno de 10 a 20 cm), bem drenados, desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas. Predominam em relevo ondulado a forte ondulado (Figura 4). Com coloração escura e saturação por bases alta. Apresentam sequência de horizontes A-R ou A-Cr-R. A textura é franca a franco argilosa e a estrutura é granular, com grau de desenvolvimento fraco a moderado. A transição para o C ou R é abrupta. Apresentam grande quantidade de cascalhos. O volume de cascalho pode ultrapassar 50%, mesmo no horizonte A. A camada R apresenta fraturamento abundante. São solos com baixa acidez, boa fertilidade natural e bons teores de nutrientes, com exceção do fósforo (Quadro 1).

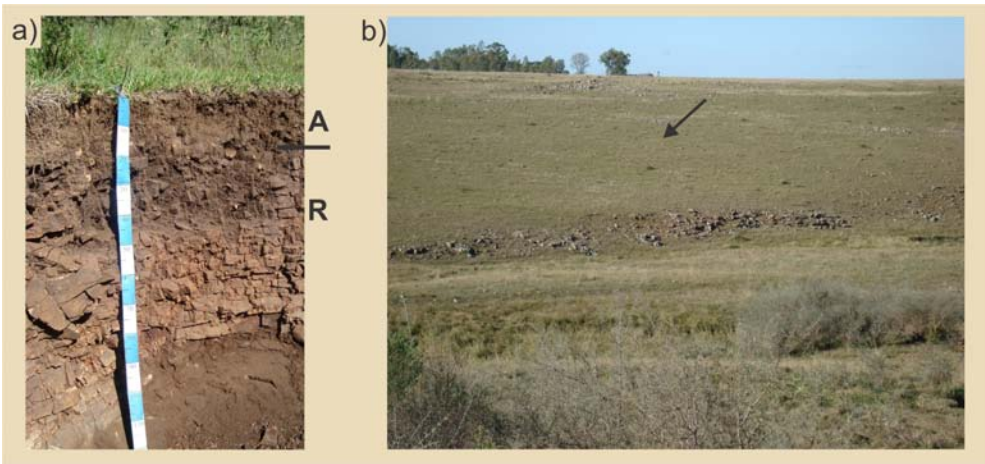


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário. Dados extraídos de Brasil (1973).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-15	250	300	280	170	1,65
R	15 ⁺	-	-	-	-	-

Quadro 1. Continuação.

Hori- zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,5	8,4	3,0	0,29	0,11	3,4	0,8	16,0
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	6	74	11	12,9
R	-	-	-	-

4.2 Vertissolos Ebônicos Órticos chernossólicos

São solos pouco profundos a profundos, imperfeitamente ou mal drenados, pretos, argilosos, muito plásticos e muito pegajosos, desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas. Ocorrem em relevo plano a suave ondulado (Figura 5). Predominam argilominerais do tipo 2:1 com grande capacidade de contração e expansão. Durante a estação seca, a retração do solo provoca o aparecimento de fendas no perfil. Com o reumedecimento, estes solos voltam a expandir-se, originando o desenvolvimento de estrutura prismática que se desfaz em blocos angulares bem desenvolvidos, com a presença abundante de slickensides. Na superfície do solo pode aparecer um microrelevo denominado “gilgai”, o qual nem sempre é claramente visualizado na região. Apresentam sequência de horizontes A-Cv ou A-Bv-C. São solos com acidez nula, elevada fertilidade natural e altos teores de nutrientes, com exceção do fósforo (Quadro 2).

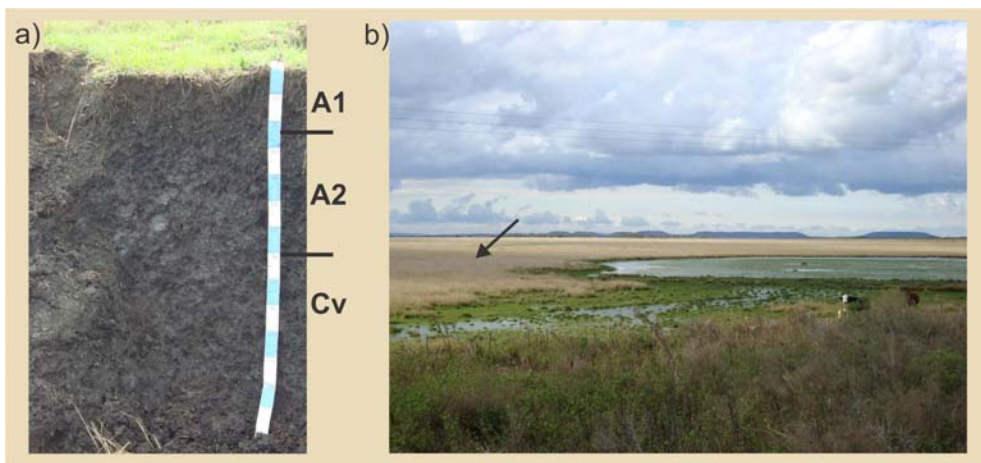


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico. Dados extraídos de Brasil (1973).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-15	30	20	430	520	0,83
A2	15-70	20	10	310	660	0,47
Cv	70-120 ⁺	50	50	310	590	0,52

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						CTC _{pH7}
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	
A1	5,3	31,1	11,7	0,73	0,22	12,7	0,0	56,5
A2	5,7	38,6	15,3	0,16	0,47	8,0	0,0	62,5
Cv	6,7	37,4	16,8	0,09	0,66	1,6	0,0	56,6

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	0	78	3	56,4
A2	0	87	1	33,3
Cv	0	97	7	4,4

4.3 Chernossolos Ebônicos Carbonáticos vertissólicos

São solos pouco profundos a profundos (em torno de 1 m), apresentando cores escuras com tonalidades brunas e acinzentadas. Ocorrem em relevo plano (Figura 6) e são derivados de rochas vulcânicas. São argilosos, imperfeitamente drenados, muito plásticos e muito pegajosos. Os elevados teores de argilas expansivas do tipo 2:1 promovem a formação de fendas no perfil em épocas de déficit hídrico (Figura 6a). É característica destes solos apresentar horizonte de acumulação de carbonato de cálcio na parte inferior do B e superior do C. A sequência de horizontes é A, B, BC e C, com transição clara. São solos com acidez nula, elevada fertilidade natural e altos teores de nutrientes, com exceção do fósforo (Quadro 3), com saturação por bases alta (superior a 60% no A, atingindo até 100% no B e C).

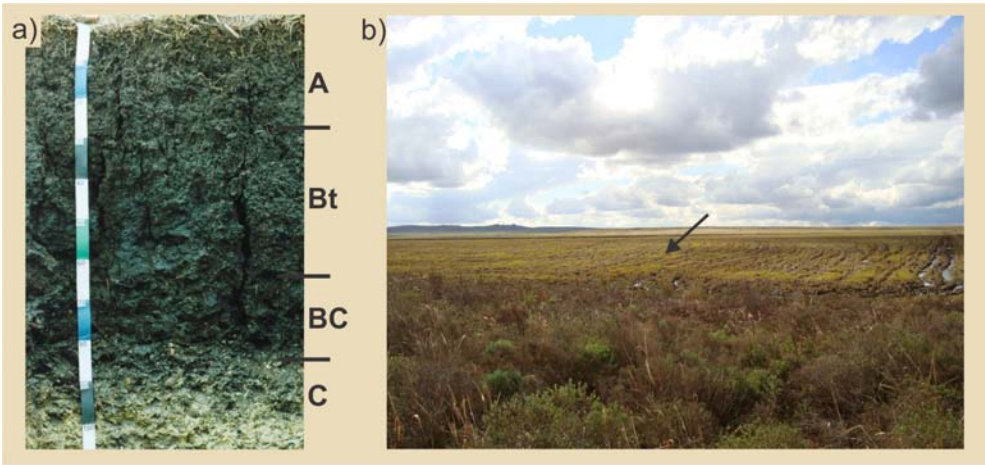


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Chernossolo Ebônico Carbonático vertissólico. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores. Imagem do perfil (Streck et al., 2018).

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Chernossolo Ebônico Carbonático vertissólico. Dados extraídos de Brasil (1973).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-30	130	120	500	250	2,00
Bt	30-62	100	90	370	440	0,84
BC	62-80	100	90	350	460	0,76
C	80-160 ⁺	120	90	330	460	0,72

Quadro 3. Continuação.

Hori- zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,9	12,9	4,2	0,07	0,29	1,9	0,0	19,4
Bt	7,3	23,6	8,3	0,07	0,65	0,0	0,0	32,6
BC	7,8	24,4	6,7	0,08	0,61	0,0	0,0	31,8
C	8,2	21,8	6,5	0,08	0,57	0,0	0,0	29,0

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	0	90	1	16,2
Bt	0	100	1	9,9
BC	0	100	1	4,5
C	0	100	1	2,1

5 Feições morfológicas típicas

Os solos nesta região apresentam feições morfológicas importantes para a sua identificação e compreensão de suas limitações e potencialidades, como as concreções carbonáticas e os slickensides. Destacam-se os slickensides (Figura 7a), presentes de forma diagnóstica nos Vertissolos e como característica secundária nos Chernossolos do tipo vertissólicos, como os da unidade Uruguiana.



Figura 7. Slickensides (a) e estrutura prismática encontradas nos Vertissolos da Campanha Gaúcha (b). Fonte: Dos autores.

Os slickensides são superfícies de fricção alisadas formadas pela movimentação das argilas expansivas que estão, no sudoeste do RS, associadas a estrutura do tipo prismática (Figura 7b). Ambas são indicativas de argila do tipo 2:1 expansiva, menor intemperismo e elevada reatividade.

6 Limitações de uso agrícola

Os Neossolos Litólicos apresentam limitações significativas ao uso agrícola. A pouca profundidade efetiva e elevada pedregosidade destes solos dificultam a penetração de raízes, reduzem o armazenamento de água e a sua disponibilidade, além de serem bastante suscetíveis à erosão quando localizados em terrenos declivosos. Estes solos também apresentam elevada restrição à mecanização devido à pedregosidade superficial, contato lítico muito próximo da superfície e associação com afloramentos rochosos.

Os Vertissolos Ebânicos são solos pesados, com argilas de atividade alta, muito plásticos e pegajosos quando molhados e duros quando secos. O pequeno intervalo de friabilidade dificulta a sua mecanização, assim como eventuais associações com Neossolos Litólicos ou afloramentos rochosos. A elevada retenção de água e maior dificuldade de drenagem podem dificultar a produção de culturas de sequeiro, apesar disso, devido à questões climáticas, também podem apresentar falta de água. São solos que demandam adubação fosfatada e são suscetíveis à erosão quando em relevo suave ondulado ou ondulado.

Os Chernossolos Ebânicos são solos com melhores condições físicas no horizonte A quando comparados aos Vertissolos, facilitando o manejo das terras. Entretanto, ainda são solos que possuem drenagem imperfeita, com deficiência de P e K e problemas moderados de falta de água, especialmente devido às condições climáticas da região.

7 Potencial de uso das terras

Considerando as limitações citadas acima, os Neossolos Litólicos apresentam fortes restrições ao cultivo anual de grãos. A maioria das tentativas de implantação de lavouras sobre estes solos têm promovido a degradação do perfil pela erosão ou baixas rentabilidades devido ao estresse hídrico. Uma exceção é o cultivo de arroz irrigado em áreas planas com menor fraturamento da camada R, minimizando a perda da água irrigada. O uso mais adequado para estes solos é com pastagens, especialmente a natural, típica do Bioma Pampa e que possui elevada qualidade nutricional, aumentando-se a capacidade do pastoreio através do

manejo adequado. A introdução de fruticultura com espécies adaptadas a solos pedregosos, como a videira e a oliveira, pode ser uma alternativa sustentável.

Nas áreas onde ocorrem os Vertissolos Ebônicos, a argila pesada e a limitação de drenagem dificultam a implantação de cultivos anuais de grãos de sequeiro, demandando práticas de manejo intensivas para adequar as áreas. A recomendação é que estas áreas sejam utilizadas com pastagens naturais ou melhoradas. As porções mais planas podem ser utilizadas com a cultura do arroz irrigado, principalmente para o cultivo pré-germinado, em rotação com pastagens.

Nas áreas de ocorrência dos Chernossolos Ebônicos também apresentam dificuldades de drenagem, restringindo as terras para a produção anual de grãos de sequeiro, apesar do horizonte A apresentar textura menos argilosa. São áreas mais adequadas para o cultivo de pastagens ou de arroz irrigado.

Para os três solos avaliados, é fundamental que as práticas de melhoramento da fertilidade (especialmente o fósforo), de cobertura permanente, rotação de culturas e demais práticas conservacionistas sejam aplicadas para tornarem as terras adequadas à produção agrícola sustentável, conforme a recomendação técnica.

8 Considerações finais

As terras localizadas entre os municípios de Uruguai e Quaraí, na porção sudoeste da Campanha Gaúcha, apresentam solos rasos e pedregosos e também solos profundos, argilosos e úmidos, restringindo os seus potenciais de uso agrícola. Estas terras são as que mais caracterizam o Pampa Gaúcho, ocorrendo também no Uruguai e parte da Argentina.

A atual pressão de uso agrícola provocada, especialmente pela cadeia produtiva da soja, tem ocasionado frequentemente a degradação ambiental e prejuízos econômicos aos produtores que insistem em avançar sobre os solos escuros da Campanha Gaúcha. Por isso, informações sobre o comportamento agrícola destes solos precisam ser geradas e difundidas para que o planejamento de uso destas áreas permitam a sua exploração sustentável.

Outro aspecto importante é que estes solos se enquadram na categoria dos “black soils”, que são caracterizados pela coloração escura devido aos elevados teores de matéria orgânica dispostos ao longo do perfil. Estes solos têm importância ambiental porque são reservatórios de carbono, que podem ser alterados pelo uso agrícola inadequado, provocando a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global.

9 Referências

- Almeida JA. Solos das Pradarias Mistas do Sul do Brasil (Pampa Gaúcho), in: Curi, N. et al. (Ed.), Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2017. pp. 407-466.
- Behling H, Jeske-Pieruschka V, Schüller L, Pillar VP. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: Pillar VP [et al.]. (Ed.) Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA, 2009. p.13-25.
- Brasil, Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife: convênio MA/DPP – SA/ DRNR, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul. Serviço Geológico do Brasil, Porto Alegre (Escale 1:750.000).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento de recursos naturais do projeto RadamBrasil: folha SH. 22-Porto Alegre, SH.21- Uruguaiana e SI. 21-Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, IBGE, 1986.
- Maluf JRT. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 2000; 8:141-50.
- Pedron FA, Dalmolin RSD. Solos do Bioma Pampa Brasileiro. Ed. UFSM: Santa Maria. 2019.
- Pedron FA, Dalmolin RSD, Flores CA. Gênese e morfologia dos solos arenosos do Bioma Pampa. In: Pedron FA, Dalmolin RSD. (Org.). Solos do Bioma Pampa Brasileiro. Ed. UFSM: Santa Maria. 2019. p. 51-96.
- Streck EV, Kämpf N, Dalmolin RSD, Klamt E, Nascimento PC, Giasson E, Pinto LFS, Flores CA, Schneider P. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Emater/RS, 2018.



Solos espódicos e salinos-sódicos do Pantanal Sul

Jolimar Antonio Schiavo¹; Naelmo de Souza Oliveira¹; Marcos Gervasio Pereira².

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

1 Introdução

O Bioma Pantanal é um ecossistema presente no Centro-Oeste do Brasil, abrangendo os estados de Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e os países vizinhos Paraguai e Bolívia. No Brasil, o Pantanal apresenta área de aproximadamente 138.183 km², distribuídos entre os Estados de MT e MS, cujas porcentagens são de 35 e 65%, respectivamente (Silva e Abdon, 1998).

No Pantanal podem ser observadas diferentes fitofisionomias, as quais são transicionais para os biomas Amazônico ao Norte; Cerrado ao Norte, Sul e Leste; Chaco a Sudoeste e Bosque seco Chiquitano a Noroeste (Ab'saber, 2006). As fitofisionomias dominantes podem ser formadas quase que exclusivamente por um único estrato arbóreo como os Paratudais (*Tabebuia aurea*) e Carandazais (*Copernicia alba*), ou por estratos arbóreos com grande diversidade de espécies, variando de campos abertos de gramíneas até as matas e capões fechados (Silva e Abdon, 1998). As fitofisionomias apresentam estreita relação com os tipos de solo, podendo o Pantanal ser dividido em onze sub-regiões (Silva e Abdon, 1998). Os solos dessas sub-regiões são formados a partir de sedimentos inconsolidados de textura que varia de arenosa, argilosa e de constituição orgânica depositados ao longo do período Quaternário (Assine 2003; Assine e Soares, 2004).

No Bioma Pantanal, em função da natureza dos sedimentos depositados e do regime hídrico (inundações periódicas), são verificados uma diversidade de processos pedogenéticos específicos podendo ser citados: gleização, plintização, salinização e solodização, formando grande variedade de solos como Planossolos, Plintossolos, Gleissolos, Cambissolos Flúvicos, Neossolos, Luvisolos, Vertissolos e Espodossolos (Couto et al., 2002; Coringa et al., 2012; Schiavo et al., 2012). Esta diversidade pedológica, associada a questões climáticas, que condicionam ciclos de inundações e drenagem, tornam estas áreas ambientalmente frágeis e restritivas à produção agrícola.

A sub-região da Nhecolândia, localizada no centro do Pantanal Sul, com área de 26.921 km² (Silva e Abdon, 1998), apresenta predomínio de solos de textura arenosa e formados em condições de hidromorfismo (Souza, 2003; Cardoso et al., 2016, 2011; Couto et al., 2017; Schiavo et al., 2012), derivados de sedimentos arenosos da Bacia do Rio Taquari do período Quaternário (Assine e Soares, 2004); enquanto nas sub-regiões denominadas de Aquidauana e Miranda, no Pantanal Sul, com área de 9.391 km² (Silva e Abdon, 1998), é verificado o predomínio de solos de textura média a argilosa, derivados de sedimentos argiloarenosos da Bacia dos rios Aquidauana e Miranda do período Quaternário (Assine e Soares, 2004).

Este texto enfatizará alguns solos e paisagens destas subregiões do Bioma Pantanal Sul, apresentando a sua diversidade pedológica, aspectos ambientais importantes, limitações e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

Neste texto serão abordadas as regiões do Pantanal da Nhecolândia, formadas pelos sedimentos do Rio Taquari, e a região formada pelos sedimentos argiloarenosos dos rios Aquidauana e Miranda (Figura 1).

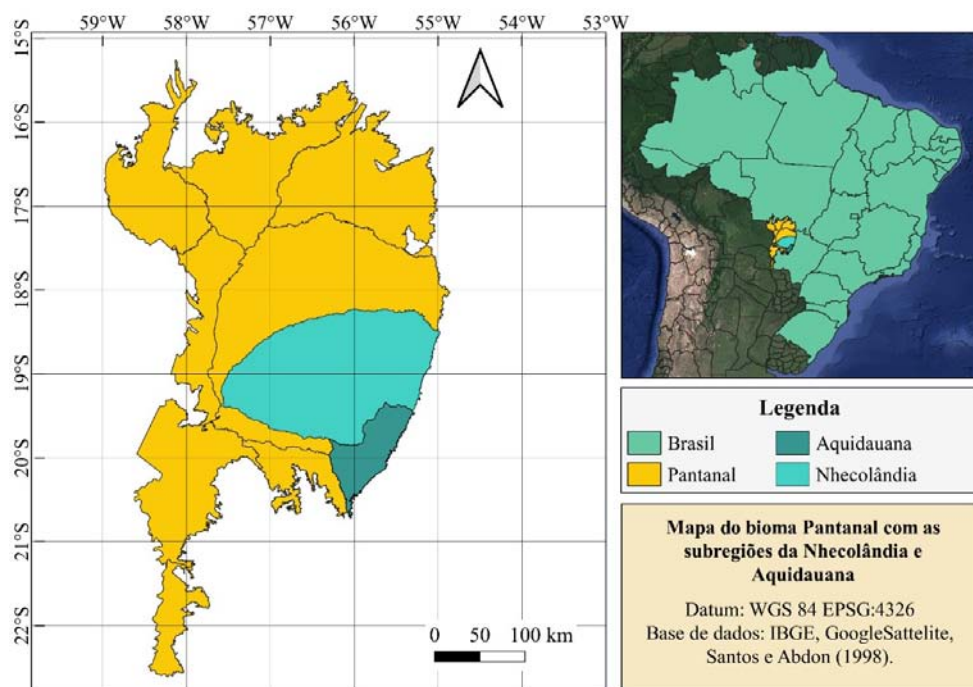


Figura 1. Mapa da bacia do Pantanal, destaque para as sub-regiões da Nhecolândia e Aquidauana. Fonte: Indicada na figura.

O clima predominante nessas regiões do Pantanal é tropical megatérmico do tipo Aw (Savana Tropical), segundo o sistema Koppen (Alvares et al., 2013), com inverno seco e verão chuvoso, precipitação média anual entre 800 e 1.200 mm, evaporação média anual de 1.400 mm, insolação média anual de 2.400–2.500 h, temperaturas máximas e mínimas de 40 e 20,3 °C, respectivamente, e umidade relativa do ar variando de 50 a 75% (Ramos et al., 2009; Soriano e Galdino, 2002). Essa região se caracteriza por uma elevada evapotranspiração com déficit hídrico

anual superior a 300 mm (Alfonsi e Camargo, 1986), o que contribui para a ocorrência dos solos salinos. O relevo varia de plano a suave ondulado, com gradiente topográfico que diminui no sentido leste oeste, acompanhando os afluentes do rio Paraguai. Na Nhecolândia, o material de origem dos solos caracteriza-se por sedimentos de textura arenosa depositados pelo Rio Taquari; enquanto no Pantanal de Aquidauana são observados os sedimentos de textura argiloarenosa da Bacia dos rios Aquidauana e Miranda do período Quaternário (Assine e Soares, 2004).

3 Relação solo – paisagem

A região da Nhecolândia (Figura 2) é predominantemente plana, com pequenas elevações que variam de 85 a 190 m acima do nível marinho, com gradiente topográfico muito baixo de 36 cm km^{-1} (Assine, 2005; Zani et al., 2012), ocorrendo inundações periódicas durante 3 a 4 meses ao ano (Sousa, 2003).

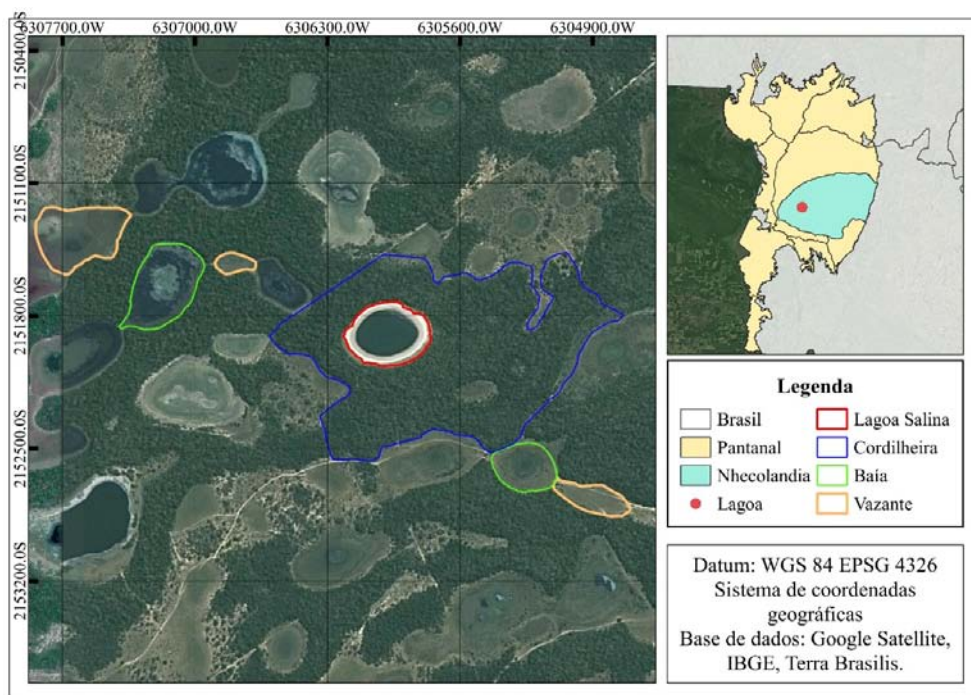


Figura 2. Pantanal da Nhecolândia. Destaque para os ambientes de lagoas salinas, lagoas de água doce (baías) e canais temporários (vazantes). Fonte: Indicada na figura.

Essa região é caracterizada por apresentar milhares de lagoas circulares, que podem ser de água doce (baías), ou salobra (salinas), e entre elas tem as feições conhecidas regionalmente como “cordilheiras”, “vazantes” e “corixos” (Boin et al., 2019). As “vazantes” são canais temporários com vários quilômetros de extensão que ligam as baías durante a estação das cheias, assim como os “corixos”, mas podem ficar secos durante anos. As “cordilheiras”, são pequenas elevações de cerca de 2 m acima do nível da lagoa que as rodeia (Figura 2). Nessa região, comumente verifica-se a presença de solos como Espodosolos Humilúvicos (RCC, 2012), Espodosolos Ferrilúvicos (Schiavo et al., 2012) associados ao ambiente de baía e vegetação de Cerrado tropical; Neossolos Quartzarênicos nas cordilheiras com floresta tropical caducifolia (predomínio da palmeira acuri - *Scheelea phalerata*); Planossolos Nátricos com vegetação de Cerrado tropical (predomínio de carandás - *Copernicia alba*) sob influência das lagoas salinas.

No Pantanal de Aquidauana e Miranda, com relevo suave ondulado, observa-se o predomínio de Planossolos Háplicos, Vertissolos Hidromórficos e Plintossolos Argilúvicos (Figura 3).

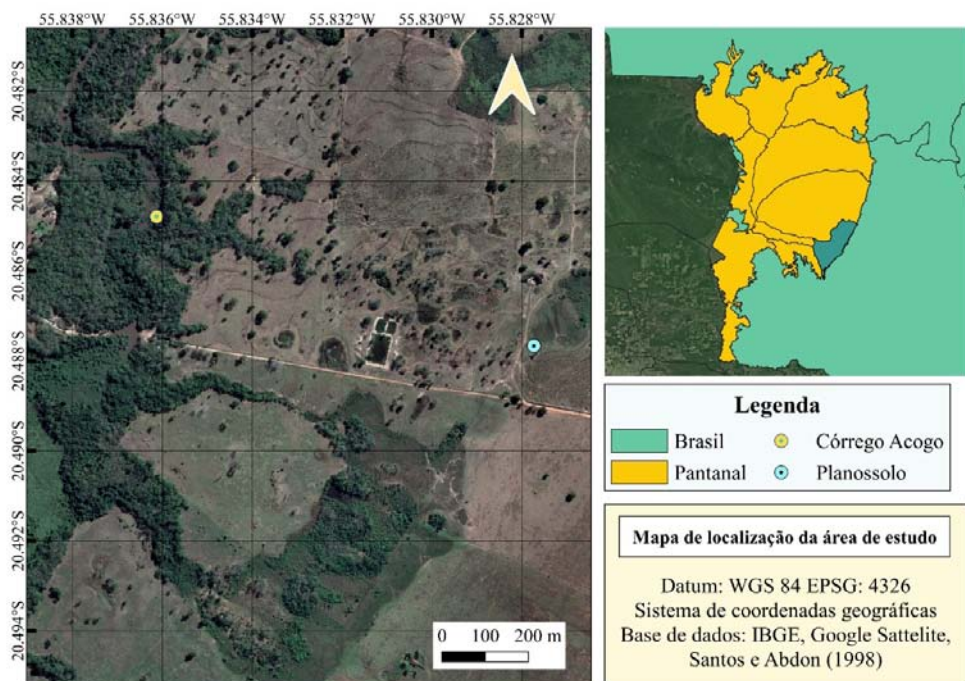


Figura 3. Pantanal de Aquidauana. Destaque para a presença de Planossolos. Fonte: Indicada na figura.

4 Dados pedológicos

4.1 Espodossolos Ferri-humilúvicos Hidromórficos organossólicos

São solos profundos, mal drenados, desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos, apresentam coloração escura no horizonte superficial e acinzentadas nos subsuperficiais, predominam em áreas de relevo plano (Figura 4a e 4b). Apresentam sequência de horizontes H-E-Bhs. A textura é areia a areia franca, com granulometria fina; estrutura granular moderadamente desenvolvida no horizonte superficial e grãos simples nos horizontes subsuperficiais. A transição varia de ondulada e abrupta nos horizontes superficiais a plana e clara nos subsuperficiais. São solos com fertilidade natural baixa nos horizontes superficiais e média nos subsuperficiais, presença de Na^+ no complexo sortivo, quanto a acidez, o pH varia de fortemente ácido a neutro, sendo observado o incremento de carbono orgânico, Al_2O_3 e Fe_2O_3 em profundidade (Quadro 1).

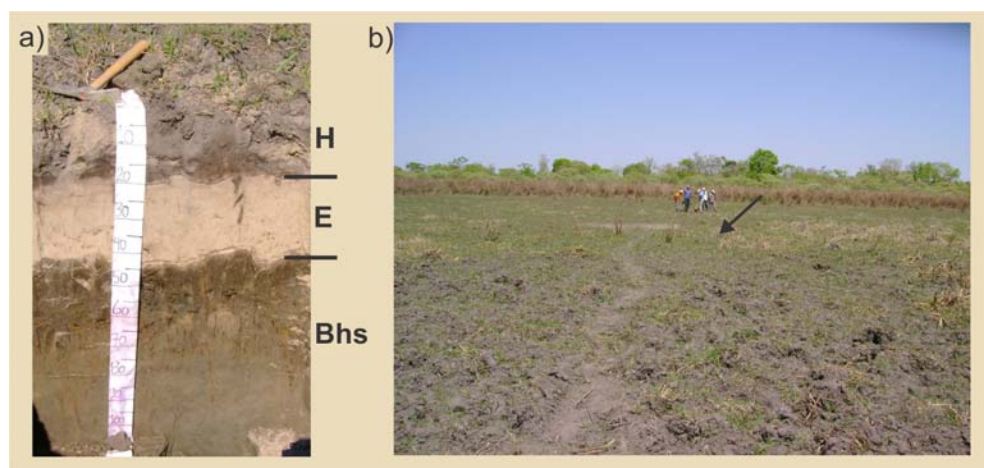


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico organossólico (Nhicolândia). A seta indica o local de ocorrência. Fonte: Dos autores.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Espodossolo Ferri-humilúvico Hidromórfico organossólico (Nhecolândia). Dados extraídos de Schiavo et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
H	0-15	135	516	182	167	1,09
E	20-42	167	731	78	24	3,25
Bhs1	42-60	173	647	121	59	2,05
Bhs2	60-78	177	680	121	22	5,5
Bhs3	78-101	167	673	109	51	2,13
Bhs4	101-120	161	634	95	110	0,95

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
H	5,2	7,2	2,8	0,26	0,25	14,0	0,4	24,9
E	6,5	0,5	1,0	0,02	0,00	8,2	0,2	9,9
Bhs1	6,4	0,8	0,4	0,07	0,29	9,2	0,1	10,8
Bhs2	7,0	1,0	0,3	0,05	0,29	5,6	0,1	7,3
Bhs3	7,4	0,9	0,8	0,05	0,31	0,9	0,1	3,1
Bhs4	7,2	1,8	2,3	0,11	0,29	0,5	0,1	5,1

Horizontes	Al	V	P	C orgânico	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
H	3,7	42	0,02	110,5	26,5	18,7
E	11,6	15	0,02	3,3	2,6	5,0
Bhs1	6,1	14	0,02	3,8	23,2	19,2
Bhs2	5,7	22	0,02	5,5	20,5	13,1
Bhs3	4,6	67	0,02	3,7	25,6	9,0
Bhs4	2,2	88	0,03	1,9	7,7	14,1

4.2 Espodossolos Ferrilúvicos Hidromórficos típicos

São solos profundos, mal drenados, desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos, apresentam coloração escura no horizonte superficial e acinzentadas nos subsuperficiais, predominam em relevo plano (Figura 5a e 5b). Possuem sequência de horizontes A-E-Bs. A textura varia de areia a areia franca; a estrutura granular com tamanho pequeno e grau de desenvolvimento moderado, também são

observados blocos angulares de tamanho pequenos e grau de desenvolvimento fraco no horizonte superficial e blocos angulares, de tamanho médio e resistência moderada nos horizontes subsuperficiais. A transição é ondulada e gradual, exceto entre os horizontes A e E, na qual se verifica plana e abrupta. São solos com baixa fertilidade natural, elevada saturação por Al, cuja acidez varia de forte a moderada, baixos teores de fósforo, sendo observado incremento de Al_2O_3 e Fe_2O_3 em profundidade (Quadro 2).

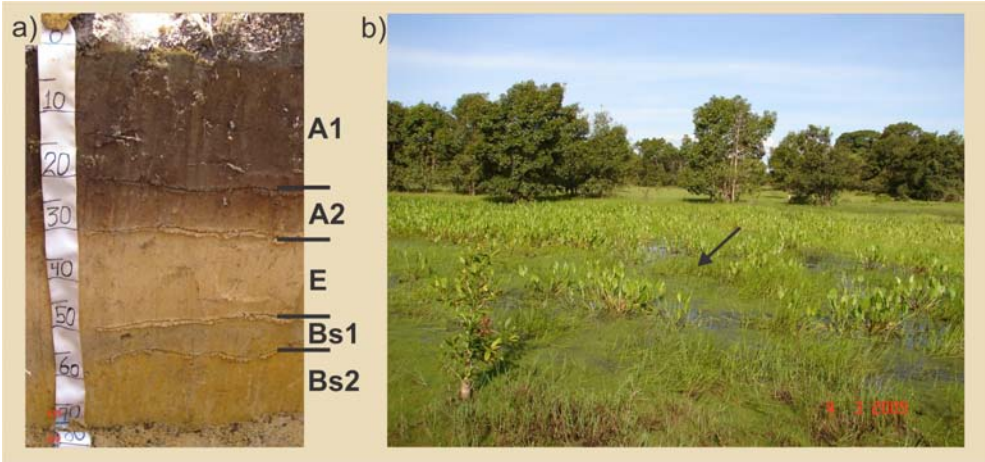


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Espodossolo Ferrilúvico Hidromórfico típico (Nhacolândia). A seta indica o local de ocorrência. Fonte: Dos autores.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Espodossolo Ferrilúvico Hidromórfico típico (Nhacolândia). Dados extraídos de Schiavo et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-22	343	334	138	185	0,75
A2	22-31	445	458	29	68	0,42
E	31-50	481	461	34	24	1,42
Bs1	50-56	585	254	87	74	1,18
Bs2	56-70 ⁺	536	286	72	106	0,68

Quadro 2. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,9	0,5	0,3	0,06	0,14	10,5	0,8	12,3
A2	5,2	0,3	0,3	0,04	0,05	3,3	0,3	4,3
E	6,0	0,3	0,2	0,04	0,03	0,5	0,0	1,1
Bs1	5,5	0,5	0,2	0,06	0,06	0,8	0,2	1,8
Bs2	5,5	0,4	0,3	0,06	0,08	0,6	0,2	1,6

Horizontes	Al	V	P	C orgânico	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	%		mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
A1	44	8	0,33	13,1	88,6	18,4
A2	30	16	0,11	2,9	5,1	10,0
E	0	53	0,09	0,1	12,8	5,0
Bs1	20	45	0,07	1,0	25,6	19,1
Bs2	19	51	0,04	0,6	38,3	32,1

4.3 Planossolos Nátricos Órticos típicos

São solos profundos, mal drenados, desenvolvidos a partir de sedimentos arenosos, apresentam coloração bruno acinzentada, predominam em áreas de relevo suave ondulado (Figura 6a e 6b). Apresentam sequência de horizontes A-E-Bt-ng. A textura varia de franco-arenosa a franco-argiloarenosa; estrutura granular pequena fraca nos horizontes superficiais, grãos simples no horizonte E, e de forma variável, colunar, grande e forte a maciça nos horizontes subsuperficiais. A transição varia de abrupta e plana entre os horizontes E e En, gradual e ondulada entre o Btn e Bgn1, e abrupta e plana nos demais horizontes subsuperficiais. São solos com fertilidade natural baixa, elevada saturação por Al, fortemente ácidos, possuindo baixos teores de fósforo e carbono, apresentam saturação por sódio elevada nos horizontes subsuperficiais e condutividade elétrica de até 1,28 dS m⁻¹ (Quadro 3).

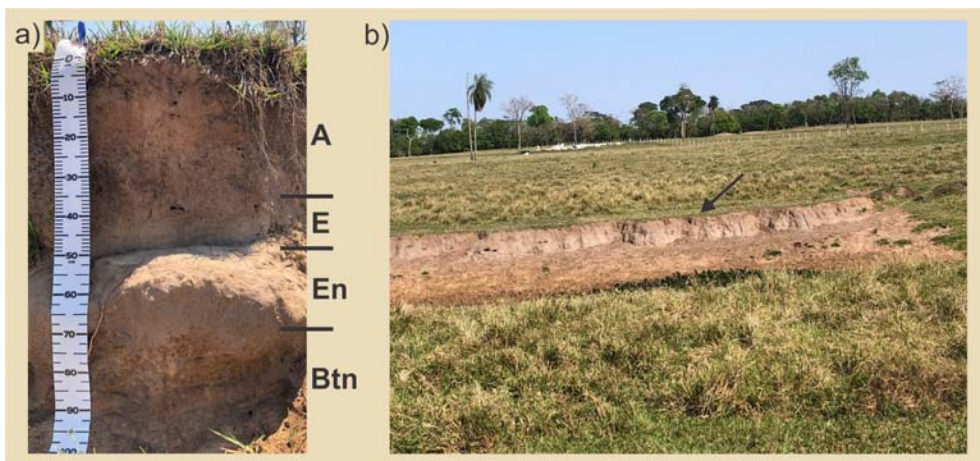


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Planossolo Nátrico Órtico típico (Aquidauana). A seta indica o local de ocorrência. Fonte: Dos autores.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Planossolo Nátrico Órtico típico (Aquidauana). Dados dos autores.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-20	211	512	184	93	1,9
AE	20-33	221	484	196	99	1,9
E	33-50	250	458	198	94	2,1
En	50-60	245	499	169	87	1,9
Btn	60-100	191	417	162	230	0,7
Bgn1	100-132	236	450	182	132	1,3
Bgn2	132-160	222	491	179	108	1,6
Cn	160-165 ⁺	223	526	171	80	2,1

Quadro 3. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	4,7	0,63	0,30	0,39	0,10	4,24	0,77	6,42
AE	5,0	0,85	0,25	0,11	0,13	3,05	0,47	4,85
E	5,0	0,60	0,15	0,19	0,18	2,46	0,73	4,32
En	5,5	0,28	0,08	0,13	0,31	1,96	0,90	3,67
Btn	4,7	0,13	0,11	0,11	1,51	3,17	3,43	8,45
Bgn1	4,6	0,11	0,09	0,10	1,28	2,33	2,07	5,98
Bgn2	4,7	0,12	0,10	0,12	0,96	1,81	1,77	4,88
Cn	4,8	0,57	0,31	0,28	1,29	3,01	2,60	8,06

Horizontes	Al	V	P	C orgânico	100*(Na/CTC)	Condu-tividade elétrica
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	dS m ⁻¹
A	35	22	3,73	11,21	1,52	0,23
AE	26	27	2,74	5,78	2,59	0,14
E	39	26	2,40	4,73	4,27	0,20
En	53	22	1,83	4,59	8,54	0,13
Btn	65	22	1,83	3,29	17,92	1,01
Bgn1	57	26	1,49	3,13	21,36	1,28
Bgn2	58	26	1,83	1,25	19,67	1,13
Cn	51	30	1,70	1,51	16,09	0,98

5 Feições morfológicas típicas

Os solos na região do Pantanal da Nhecolândia apresentam feições morfológicas especiais importantes para a sua identificação e compreensão de limitações e potencialidades, como as concreções de ferro e manganês. Essas concreções foram caracterizadas como feições espódicas, presentes nos solos das baías (Schiavo et al., 2012; Menezes, 2021) (Figuras 7) e também nos solos de cordilheiras (XRCC, 2012) (Figura 8).

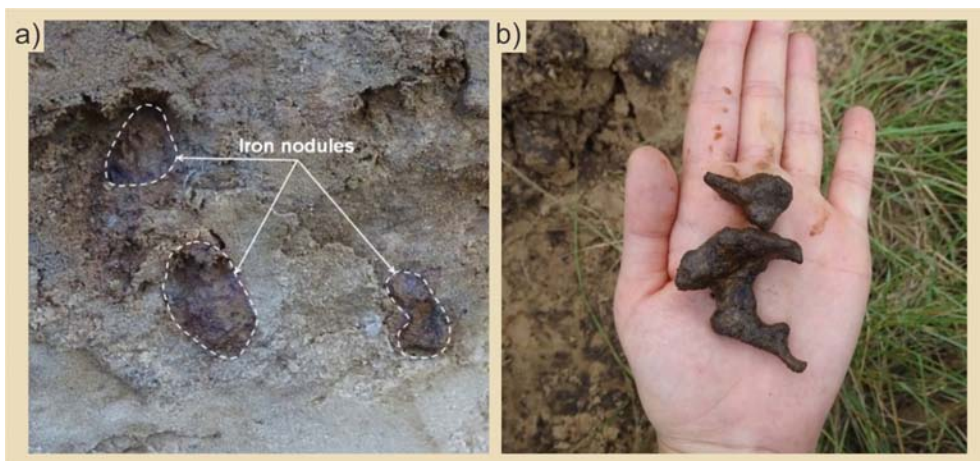


Figura 7. Detalhes dos nódulos de ferro (a) e de manganês (b) nos solos de baías (Espodossolo Ferrilúvico) no Pantanal da Nhecolândia. Foto: Menezes (2021).

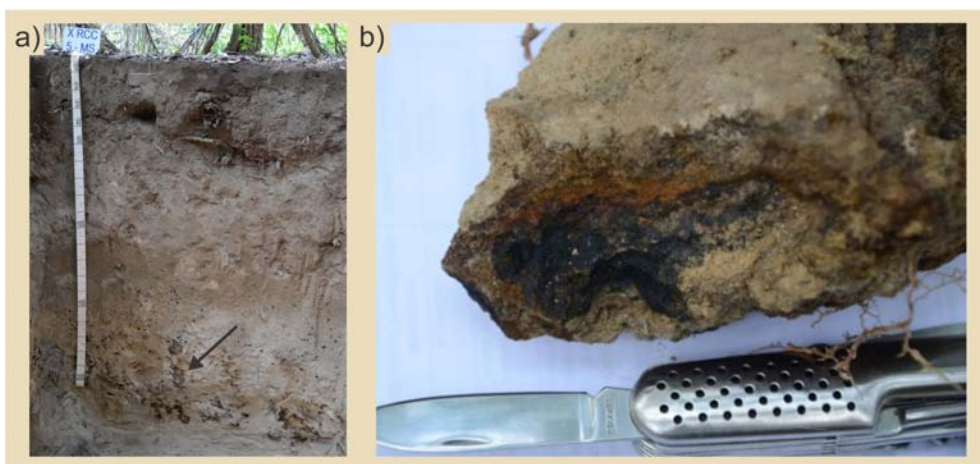


Figura 8. Detalhes dos nódulos de ferro e manganês em Espodossolo Ferrilúvico no topo de Cordilheira no Pantanal da Nhecolândia. Fonte: XRCC (2012) e Schimizu (2012).

Nos solos da região do Pantanal de Aquidauana e Miranda verificam-se feições morfológicas especiais como concreções de carbonato de cálcio, plintitas, slickensides e nas áreas a presença do microrrelevo (gilgai). Destaca-se neste solo a presença no horizonte B da estrutura do tipo colunar grande, com feições redoximórficas características de ambiente de hidromorfismo (Figura 9).



Figura 9. Detalhes da estrutura colunar (a) e feições redoximórficas no horizonte B do Planossolo Nátrico (b). Fonte: Dos autores.

6 Limitações de uso agrícola

Nos Espodossolos do Pantanal da Nhecolândia verificam-se limitações significativas ao uso agrícola. A textura essencialmente arenosa, a baixa fertilidade natural, a ocorrência de inundações durante 3 a 4 meses do ano e as elevadas concentrações de sais (salinos) e de sódio (sódicos), são fatores restritivos que inviabilizam o desenvolvimento de culturas agrícolas.

Os Planossolos Nátricos do Pantanal de Aquidauana e Miranda, quanto ao uso agrícola, apresentam restrições semelhantes às do Pantanal da Nhecolândia, ou seja, são solos com baixa fertilidade natural, elevada concentração de sais, sódio, Al e com drenagem imperfeita. Acrescenta-se ainda, nesse ambiente, que devido à mudança textural abrupta entre os horizontes superficiais (francoarenosa) e o subsuperficial B (franco-argiloarenosa) em associação com o relevo suave ondulado, propicia uma maior suscetibilidade à erosão. Nas partes mais baixas da paisagem que apresentam relevo côncavo, no período de maior intensidade de precipitação, ocorre a formação de um lençol freático suspenso, ocasionando alagamentos.

Nos dois Pantaneais, no período de abril a setembro, devido à escassez de chuvas, ocorre déficit hídrico, ocasionando maior evapotranspiração com consequente aumento da concentração de sais no perfil do solo.

7 Potencial de uso das terras

Considerando as limitações apresentadas acima, verifica-se que os Espodosolos e os Planossolos Nátricos possuem fortes restrições ao uso, não sendo recomendados para o cultivo anual de grãos. O uso mais adequado para estes solos é com pastagens, especialmente de ocorrência natural verificadas no Pantanal da Nhecolândia. Neste ambiente, esta vegetação é abundante com destaque para as espécies da família Poacea como a grama do Cerrado (*Mesosetum chaseae*) e barba de bode (*Aristia cappilacea*), comumente utilizadas na alimentação do gado de corte. Dada a baixa produtividade dessas espécies, a taxa de lotação animal, neste ambiente, é bastante pequena

No Pantanal de Aquidauana nas porções de topo da paisagem com relevo plano a suave ondulado, onde o solo apresenta horizontes A e E mais espessos e com menor teor de sódio, pode-se recomendar o uso de pastagem plantada com utilização das braquiárias. Nesse ambiente, é fundamental que as práticas de melhoramento da fertilidade, de cobertura permanente do solo pela pastagem, rotação entre espécies de pastagens, taxa de lotação animal e demais práticas conservacionistas sejam aplicadas para tornarem as terras adequadas à produção pecuária sustentável, conforme a recomendação técnica.

8 Considerações finais

As terras localizadas no Pantanal da Nhecolândia e Aquidauana, comumente apresentam solos arenosos, de baixa fertilidade, mal drenados, com presença de sais, restringindo os seus potenciais de uso agrícola. A pressão da bovinocultura de corte de forma extensiva, principalmente no Pantanal da Nhecolândia, tem ocasionado a degradação ambiental. Áreas identificadas pelo planejamento de uso das terras como destinadas à preservação permanente, tem sua vegetação natural suprimida, sendo priorizado o desenvolvimento de pastagens naturais, ou a introdução de espécies forrageiras melhoradas. Esta região do Pantanal possui importância ambiental devido serem ambientes de elevada diversidade de plantas e animais, que pode ser impactado em função do mau uso do solo.

Na região do Pantanal de Aquidauana, para o uso de pastagens plantadas, normalmente não têm sido realizadas práticas adequadas de correção e melhoria da fertilidade do solo, e de taxa de lotação animal, culminado na baixa produtividade do sistema. Tais fatos têm ocasionado a exposição demasiada do solo, e consequentemente os processos erosivos atuais encontram-se em estágios avançados.

9 Referências

- Ab'Saber AN. Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos. São Paulo, 2006.
- Alfonsi RR, Camargo MBP. Condições climáticas para a região do Pantanal Mato grossense. Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. 1986.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen climate classification map for Brazil. Meteorol. Zeitschrift. 22:711–728, 2013.
- Assine ML. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. Geomorphology. 70: 357–371, 2005.
- Assine ML. Sedimentação na bacia do Pantanal Mato Grossense, Centro-Oeste do Brasil. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2003. 115p. (Tese de Livre Docência)
- Assine ML, Soares PC. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. Quat. Int. 114:23-34, 2004.
- Boin MN, Martins PCS, Silva CA, Salgado AAR. Pantanal: The Brazilian Wetlands. In: Salgado AAR, Santos LJC, Paisani JC. The Physical Geography of Brazil: environment, vegetation and landscape. Cham: Springer. 2019; 75-91p.
- Cardoso EL, Santos SA, Urbanetz C, Filho AC, Naime UJ, Silva MLN, Curi N. Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 51:1231–1240, 2016.
- Cardoso EL, Silva MLN, Curi N, Ferreira MM, Freitas DAF. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. Rev. Bras. Ciência do Solo. 35:613–622, 2011.
- Coringa EDAO, Couto EG, Perez XLO, Vidal-Torrado, P. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. Acta Amazon. 42:19-28, 2012.

Couto EG, Oliveira VA, Beirigo RM, Oliveira Junior JC, Nascimento AF, Vidal-Torradó, P. Solos do Pantanal Mato-Grossense. In: Curi et al. (Ed). *Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros*: 1st edn. SBCS, Viçosa, 303-352. 2017.

Couto EG, Jacomine PKT, Cunha CN, Vechiatto AB. Guide of technique excursion of the XIV RBMCSA. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água. Cuiabá: UFMT. 2002.

Menezes AR. Solos com Feições Espódicas do Pantanal Brasileiro: Antagonismos às Condições Pedogenéticas. Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2021. 106p. (Tese de Doutorado)

Ramos AM, Santos LAR, Fortes LTG. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Brasília, DF. 2009

Schiavo JA, Dias Neto AH, Pereira MG, Rosset JS, Secretti ML, Pessenda LCR. Characterization and Classification of Soils in the Taquari River Basin - Pantanal Region, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Rev. Bras. Cienc. do Solo*. 36: 697-707, 2012.

Silva JSV, Abdon MM. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF. 33:1703-1711, 1998.

Soriano BMA, Galdino S. Análise das Condições Climáticas em 2000 na SubRegião da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. 2002

Sousa JB. Caracterização e gênese de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação periódica da sub-região do Pantanal de Poconé, Mato Grosso. 2003. 85p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003

X Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos (RCC), Pantanal e Cerrado, Mato Grosso do Sul, 2012.

Zani H, Assine ML, McGlue MM. Remote sensing analysis of depositional landforms in alluvial settings: method development and application to the Taquari megafan, Pantanal (Brazil). *Geomorphology*. 161-162: 82–92, 2012.



Solos da Serra Catarinense

*Erico Albuquerque dos Santos¹, Arcângelo Loss¹,
Luana Moreira Florisbal¹ e Denilson Dortzbach².*

¹Universidade Federal de Santa Catarina

²Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina

1 Introdução

A Serra Catarinense, porção sudoeste do estado de Santa Catarina, abrange o Bioma Mata Atlântica e é constituída por dois tipos de cobertura vegetal: Floresta de Araucária e Campos do Sul do Brasil (IBGE, 2012). O clima da região é classificado como subtropical úmido, sem estação seca e com verão ameno (Alvares et al., 2013), caracterizado por índice pluviométrico elevado e temperatura média moderada. A geologia, que condiciona a morfologia do relevo e as propriedades dos solos, é composta por diferentes tipos de rochas: desde rochas sedimentares da Bacia do Paraná e rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, até rochas alcalinas do Complexo Alcalino de Lages (CPRM, 2014). A geomorfologia da região, que também é variada, está compartimentalizada nas unidades geomorfológicas do Planalto de Lages, Patamares do Alto Rio Itajaí, Patamares da Serra Geral, Planalto Dissecado Rio Uruguai e Planalto dos Campos Gerais (Santa Catarina, 1986), que são relacionadas às unidades geológicas. Em relação aos solos da Serra Catarinense, na região há o predomínio das classes dos Cambissolos, Neossolos Litólicos e Nitossolos, além de algumas ocorrências de Latossolos, Argissolos e Gleissolos (EMBRAPA, 2004). Outra classe de solo que merece destaque é a dos Organossolos, típica de regiões úmidas e frias de altitude.

O objetivo deste capítulo é abordar, de forma detalhada, a diversidade pedológica da Serra Catarinense, apresentando um panorama do clima e dos diferentes tipos de unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas da região, a relação dos solos com a paisagem, as principais características físicas e químicas dos solos, além de feições morfológicas típicas, limitações de uso agrícola e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

A Serra Catarinense (Figura 1) está situada na porção sul do Planalto Catarinense, no estado de Santa Catarina, abrangendo 18 municípios, a saber: Anita Garibaldi, Bocaina do Sul, Bom Jardim da Serra, Bom Retiro, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Cerro Negro, Correia Pinto, Lages, Otacílio Costa, Painel, Palmeira, Ponte Alta, Rio Rufino, São Joaquim, São José do Cerrito, Urubici e Urupema (SANTUR, 2022), com uma área total de 16.071 km² (SEPLAN, 2013), que corresponde a 16,90 % do estado.

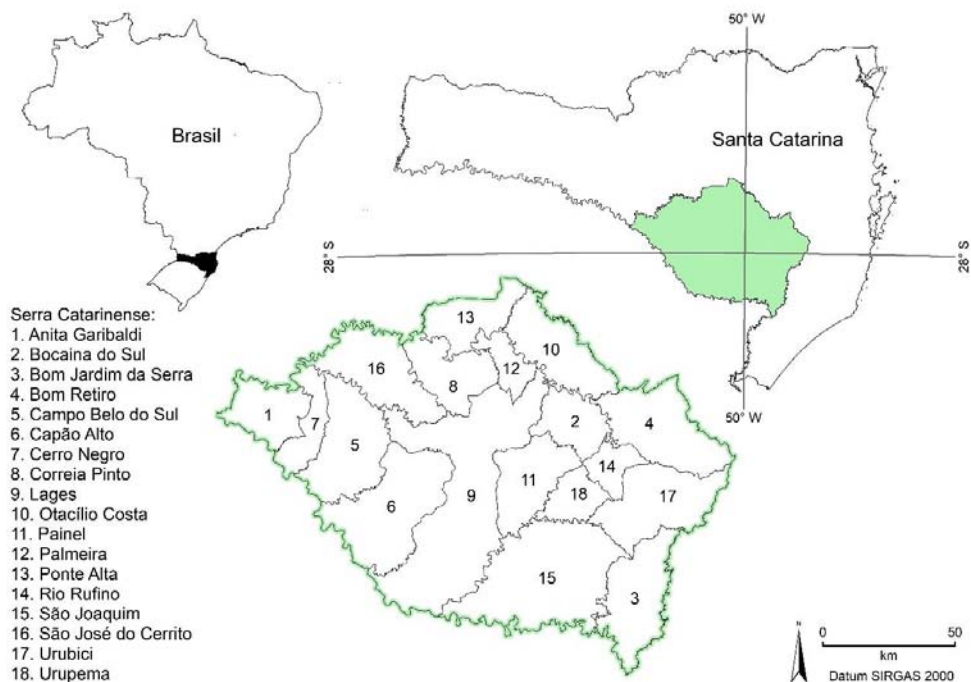


Figura 1. Mapa de localização da Serra Catarinense. Fonte: dados cartográficos de IBGE (2017), SANTUR (2022) e SEPLAN (2013).

O clima da região é classificado, segundo Köppen (1936), como Cfb – Subtropical úmido (C), clima oceânico, sem estação seca (f) e com verão moderado (b), caracterizado por apresentar precipitação acima de 40 mm no mês mais seco e pela temperatura média abaixo de 22 °C no mês mais quente (Alvares et al., 2013). De acordo com os dados meteorológicos históricos (1961–2021) do Instituto Nacional de Meteorologia (estações meteorológicas 83891, 83920, A815 e A865), nos municípios de Lages e São Joaquim, a temperatura média varia de 13,5 a 15,9 °C e a precipitação anual entre 1.657 e 1.750 mm (INMET, 2022). Essas condições climáticas influenciam nas características pedológicas dos solos da região, como no seu desenvolvimento, teor de matéria orgânica e acidez.

A geologia da região (Figura 2) é variada sendo composta por rochas sedimentares de formação periglacial, subglacial glácio-marinha a glacial do Grupo Itararé (Formação Taciba), de sedimentação plataformar costeira, marinho de costa-afora e flúvio-deltaico do Grupo Guatá (Formações Rio Bonito e Palermo), de sedimentação fluvial à lagunar gradando a plataformar costeiro raso e costa-afora do Grupo Passa Dois (Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro), de arenitos eólicos de ambiente desértico da Formação Botucatu, por rochas vulcânicas (ba-

saltos, basalto andesitos, dacitos e riolitos) do Grupo Serra Geral (Formações Gramado, Paranapanema, Campos Novos e Palmas), e por rochas alcalinas do Complexo Alcalino de Lages (CPRM, 2014). Essa diversidade de unidades geológicas se reflete na variedade de unidades geomorfológicas e pedológicas encontradas na Serra Catarinense.

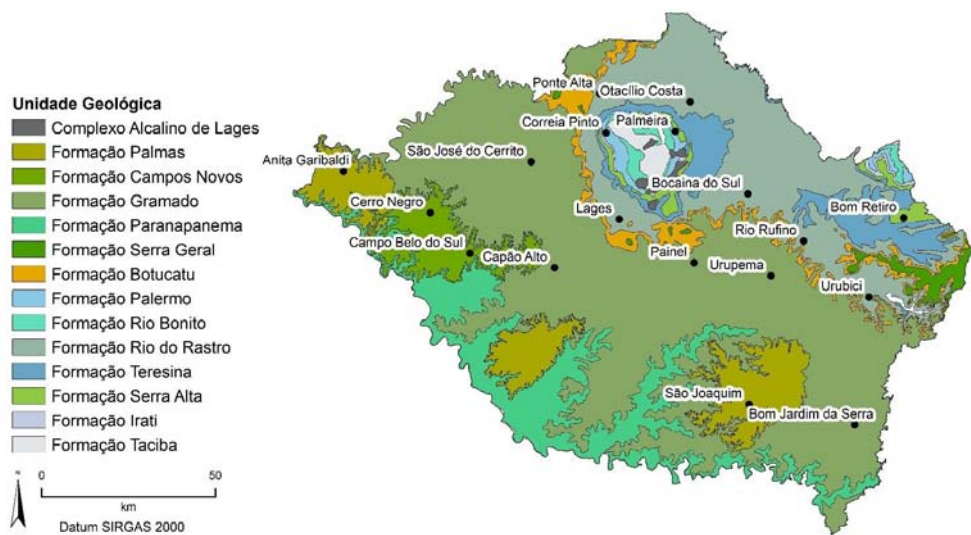


Figura 2. Mapa geológico da Serra Catarinense. Fonte: modificado de CPRM (2014).

A geomorfologia da região (Figura 3), que apresenta um controle estrutural e litológico, está compartimentada nas unidades geomorfológicas do Planalto de Lages, Patamares do Alto Rio Itajaí, Patamares da Serra Geral, Planalto Dissecado Rio Uruguai e Planalto dos Campos Gerais (Santa Catarina, 1986). O condicionamento geológico do relevo da Serra Catarinense pode ser observado em algumas dessas unidades geomorfológicas. O Planalto de Lages, caracterizado por um relevo em colinas (dissecação homogênea) com presença de morros testemunhos, pode ser correlacionado com as rochas sedimentares da Bacia do Paraná e as alcalinas do Complexo Alcalino de Lages. Já o Planalto Dissecado do Rio Uruguai e o Planalto dos Campos Gerais, caracterizados, respectivamente, por encostas em patamares com vales profundos (muito dissecado) e por um relevo plano (pouco dissecado), podem ser correlacionados com as rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral.

Na Serra Catarinense são encontradas diversas unidades pedológicas agrupadas em seis classes de solos: Cambissolos (47,17 %), Neossolos Litólicos (35,88 %), Nitossolos (14,24 %), Argissolos (2,40 %), Latossolos (0,18 %) e Gleissolos (0,14

%) (EMBRAPA, 2004). Essas classes de solos estão subdivididas em: Cambissolos Alumínicos, Neossolos Litólicos Distróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Nitossolos Brunos Alumínicos, Nitossolos Vermelhos Alumínicos, Nitossolos Vermelhos Eutróficos, Latossolos Brunos Alumínicos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Gleissolos Melânicos (Figura 4).

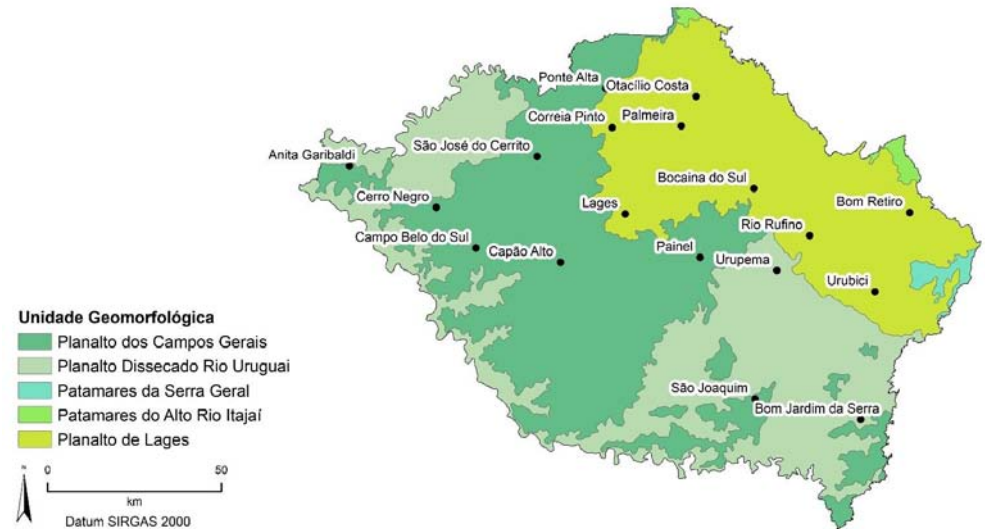


Figura 3. Mapa geomorfológico da Serra Catarinense. Fonte: modificado de Santa Catarina (1986).

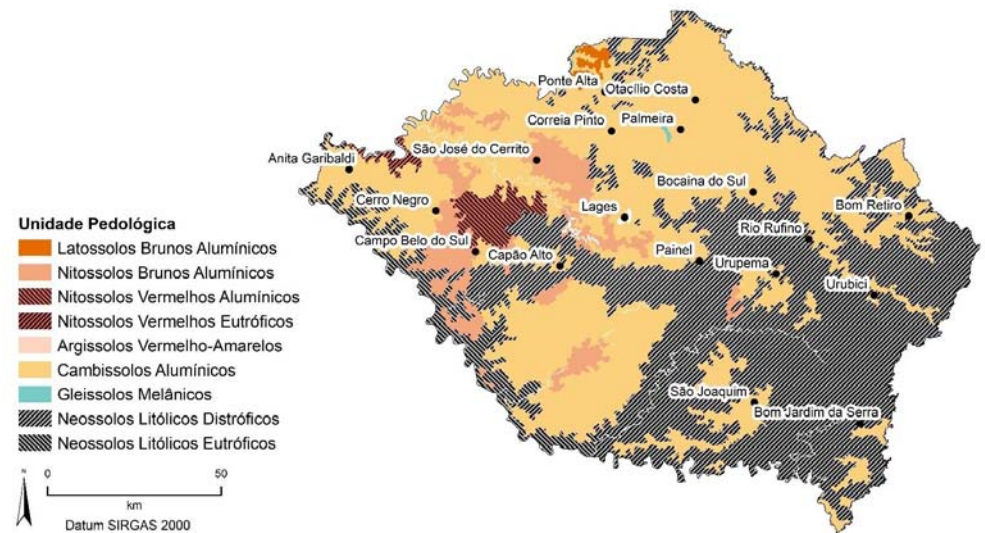


Figura 4. Mapa pedológico da Serra Catarinense. Fonte: modificado de EMBRAPA (2004).

3 Relação solo-paisagem

As principais classes de solos da Serra Catarinense estão localizadas em altitudes superiores a 800 metros, no caso dos Cambissolos, Neossolos e Nitossolos, e superiores a 1.200 metros, no caso dos Organossolos. A altitude exerce um controle na temperatura, que tende a diminuir cerca de 0,5 °C para cada aumento de 100 m de altitude (Jackson, 2008), o que resulta em temperaturas mais baixas ao longo de todo ano e desfavorece o intemperismo químico dos solos na região. As baixas temperaturas refletem diretamente nos maiores teores de matéria orgânica nos solos, favorecendo a formação de horizontes hísticos ($\geq 8\%$ de carbono orgânico) ou horizontes minerais do tipo A húmico ou A proeminente. Nas porções mais altas da paisagem (terço médio a superior), com relevo menos acidentado (suave ondulado a ondulado) e encostas com menores declividade ou com litologias mais resistentes ao intemperismo, predominam os Neossolos e Organossolos, enquanto que em porções mais baixas da paisagem (terço inferior a médio), com relevo mais dissecado (forte ondulado) e encostas com maior declividades e litologias mais suscetíveis ao intemperismo, predominam os Nitossolos e Cambissolos (Figura 5).



Figura 5. Imagem da relação solo-paisagem na região de São Joaquim, Serra Catarinense, com as principais classes de solos da região. Fonte: Dos autores.

4 Dados pedológicos

Devido ao predomínio dos Neossolos, Cambissolos e Nitossolos (97,29 % da Serra Catarinense) e da tipicidade dos Organossolos na região, seus dados detalhados serão explorados a seguir:

4.1 NEOSSOLOS

Os Neossolos são solos rasos, com ausência de horizonte B diagnóstico e os perfis apresentados neste capítulo são originados a partir do intemperismo de rochas vulcânicas (dacitos) do Grupo Serra Geral. Essas rochas possuem teores elevados de sílica (>63% de SiO_2) e, no caso dos exemplos a seguir, possuem disjunções tabulares sub-horizontais, que dificultam o intemperismo da rocha e a formação do solo.

4.1.1 Neossolos Litólicos Distroúmbricos fragmentários

Os Neossolos Litólicos Distroúmbricos fragmentários, localizados no município de São Joaquim numa altitude de 1.100 metros, estão em posição de terço médio da paisagem com 18% de declividade e apresentam sequência de horizontes A1-A2-A3-Cr-R, contato lítico aos 37 cm de profundidade e textura argilosa (Figura 6 e Quadro 1).

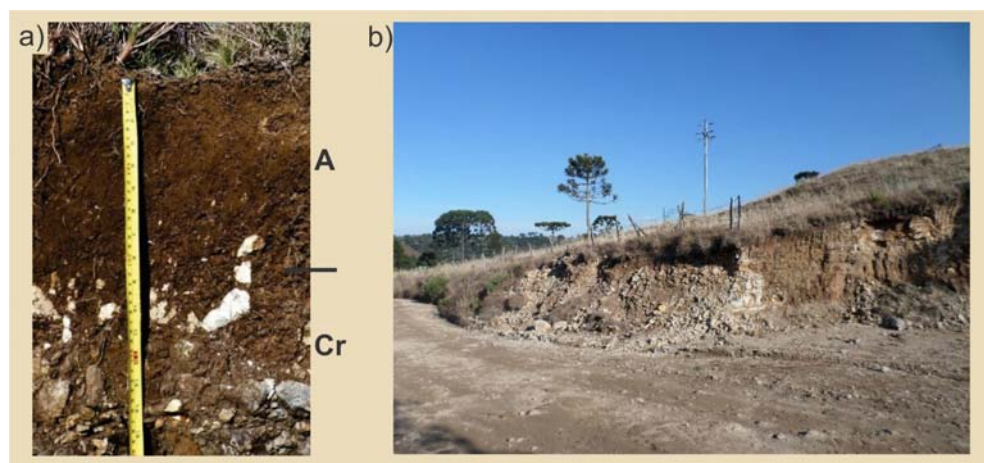


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Litólico Distroúmbrico fragmentário (São Joaquim, SC). Fonte: Erico Albuquerque dos Santos.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Litólico Distroúmbrico fragmentário da Serra Catarinense. Dados extraídos de Santos (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	0-5	219	317	464	0,68
A2	5-12	193	256	552	0,46
A3	12-21	152	269	579	0,46
Cr	21-37	203	265	532	0,49

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,3	0,0	0,7	0,03	0,00	12,9	5,2	18,9
A2	4,8	0,0	0,3	0,02	0,00	7,2	5,7	13,2
A3	5,0	0,0	0,2	0,01	0,00	4,1	5,3	9,6
Cr	4,9	0,0	0,2	0,01	0,00	3,2	5,9	9,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	87	4	0,41	43,0
A2	95	2	0,21	33,1
A3	96	2	0,08	29,4
Cr	97	2	0,14	20,2

4.1.2 Neossolos Regolíticos Húmicos leptofragmentários

Os Neossolos Regolíticos Húmicos leptofragmentários (Figura 7), localizados no município de São Joaquim, numa altitude de 1.425 metros, estão em posição de terço médio de paisagem com 20% de declividade e apresentam horizonte A húmico espesso, contato lítico aos 95 cm de profundidade e textura muito argilosa (Quadro 2).

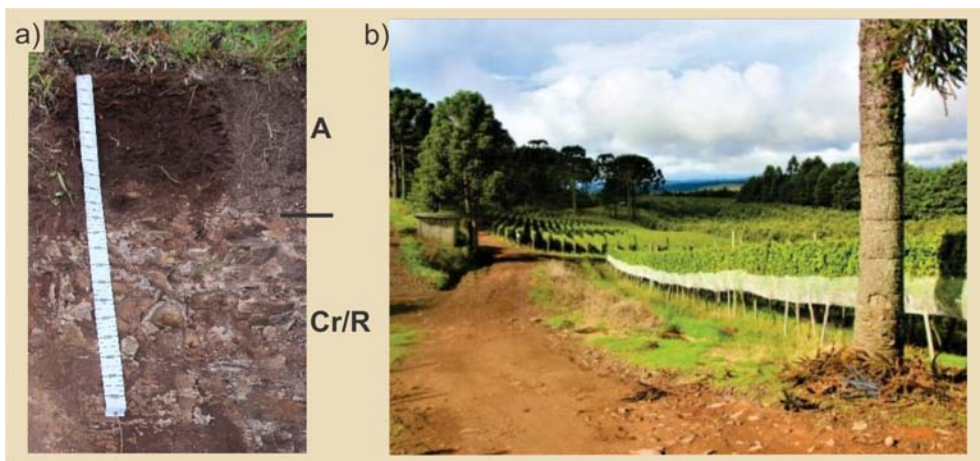


Figura 7. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Regolítico Húmico leptofragmentário (São Joaquim, SC). Fonte: Erico Albuquerque dos Santos.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Regolítico Húmico leptofragmentário da Serra Catarinense. Dados extraídos de Santos (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	5-20	152	218	630	0,35
A2	20-35	144	206	650	0,32
A3	35-95	158	202	640	0,31
Cr/R	95+	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol ^c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,5	0,3	0,7	0,17	0,12	7,7	5,6	14,5
A2	4,4	0,2	0,4	0,10	0,09	19,2	5,4	25,3
A3	4,6	0,2	0,4	0,06	0,07	14,1	4,9	19,7
Cr/R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	83	8	10,10	38,1
A2	88	3	2,70	31,1
A3	88	3	1,30	23,3
Cr/R	-	-	-	-

Esses Neossolos são distróficos e apresentam elevados teores de alumínio e acidez potencial, o que reflete em alta saturação por alumínio (Al%), baixa saturação por bases (V%) e baixos valores de pH. Apresentam estrutura granular e blocos subangulares de grau moderado a forte e tamanho variando de muito pequena a pequena (granular) ou pequena a média (blocos), com consistência macia, muito friável a friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa. Os teores de carbono orgânico são elevados e as cores são escuras, o que juntamente com a morfologia, caracteriza ora um horizonte A húmico (Figura 7), ora um horizonte A proeminente (Figura 6), assim como favorece a alta CTC desses solos (Quadros 1 e 2).

4.2 CAMBISSOLOS

4.2.1 Cambissolos Húmicos Alumínicos típicos

Os Cambissolos Húmicos Alumínicos típicos (Figura 8), localizados no município de Lages, numa altitude de 925 metros, estão em posição de terço médio de paisagem e apresentam textura argilosa na maior parte dos horizontes. O material de origem são rochas sedimentares (siltitos) da Formação Palermo (Grupo Guatá).

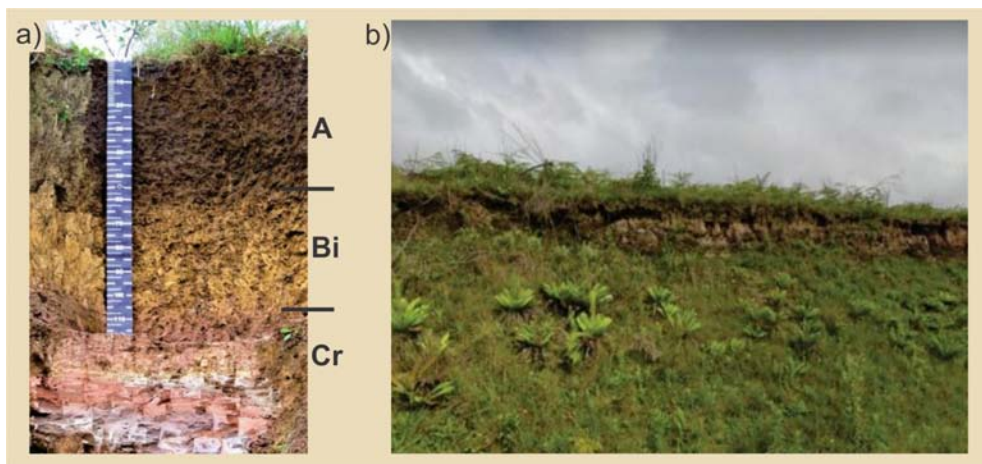


Figura 8. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Húmico Alumínico típico (Lages, SC). Fonte: Jaime Antônio de Almeida.

O horizonte superficial é espesso (55 cm), possui cores escuras e estrutura bem desenvolvida. Estas características somadas aos elevados teores de carbono orgânico favorecem a formação do horizonte A húmico (Figura 8). A textura é argilosa do horizonte A1 ao C, sendo siltosa no Cr, com destaque para maior variação nos

teores de areia e silte nos horizontes mais próximos ao material de origem. A CTC é elevada devido aos altos conteúdos de carbono orgânico e elevados valores de acidez potencial. A CTC da argila também é elevada, sendo um perfil de solo com predomínio de argilas de alta atividade (Quadro 3).

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Húmico Aluminoso típico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Almeida et al. (2019).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	0 - 14	104	456	440	1,04
A2	14 - 46	179	401	420	0,95
AB	46 - 55	72	348	580	0,60
Bi	55/66 - 70	58	342	600	0,57
BC	66/70 - 80/85	513	27	460	0,59
C	80/85 - 95/110	94	485	420	1,14
Cr	95/110 ⁺	74	633	360	1,75

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,7	1,1	0,3	0,44	0,05	8,6	7,9	18,5
A2	4,5	0,4	0,2	0,18	0,06	6,9	9,2	17,4
AB	4,7	0,4	0,1	0,18	0,05	5,1	10,4	16,2
Bi	4,8	0,4	0,1	0,20	0,08	3,9	11,8	16,5
BC	4,9	0,4	0,2	0,23	0,14	2,9	11,9	15,7
C	4,9	0,4	0,2	0,25	0,06	2,7	11,1	14,8
Cr	5,1	1,9	0,4	0,49	0,09	2,1	10,3	15,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	80	11	-	35,0
A2	92	5	-	23,0
AB	93	5	-	22,4
Bi	94	5	-	8,7
BC	93	6	-	5,8
C	92	7	-	4,5
Cr	78	19	-	8,3

Neste solo observada-se acidez elevada, caracterizada pelos baixos valores de pH e elevados teores de Al^{3+} , $\text{H}+\text{Al}$ e saturação por alumínio ($\text{Al}\%$). Isto reflete diretamente nos baixos teores de cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) tendo, como consequência, baixa saturação por bases ($\text{V}\%$). Os altos teores de alumínio caracterizam esse solo como aluminico, sendo também verificado que o horizonte Bi apresenta argila de alta atividade, porém, estes solos são muito pobres quimicamente e as cargas negativas dos coloides estão adsorvendo muito H^+ e Al^{3+} e poucos cátions trocáveis básicos (Quadro 3).

4.2.3 Cambissolos Húmicos Distróficos típicos

Os Cambissolos Húmicos Distróficos típicos (Figura 9), localizados no município de São Joaquim, numa altitude de 1.340 metros, estão em posição de terço médio de paisagem, com 25% de declividade. Apresentam espessura de solum de 75 cm (medianamente profundo), diversos blocos de rocha (>5% de estrutura da rocha), coloração variando de bruno escuro a bruno forte e textura argilosa. O material de origem são rochas vulcânicas (basaltos) do Grupo Serra Geral. São solos que possuem estrutura moderada a forte, granular muito pequena a grande e em blocos subangulares muito pequena a média, consistência de macia a dura, muito friável a friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa.

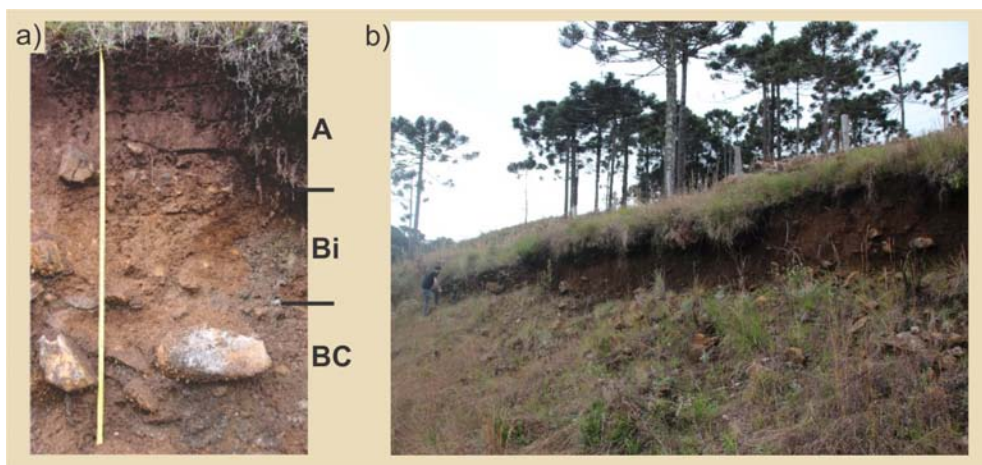


Figura 9. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Húmico Distrófico típico (São Joaquim, SC). Fonte: Erico Albuquerque dos Santos.

No horizonte A1, os maiores valores de bases trocáveis, assim como menores de alumínio, são decorrentes dos maiores teores de carbono orgânico (Quadro 4). O horizonte A é espesso (>25 cm) e, segundo suas características morfológicas e químicas, foi classificado como A húmico. No horizonte B, os menores valores de bases trocáveis, CTC, saturação por bases (V%) e atividade da fração argila, e altos teores de alumínio e saturação por alumínio (Al%) refletem condições de maior grau de intemperismo químico, caracterizando solos distróficos e com argila do tipo 1:1. O horizonte B, apesar de apresentar características químicas que indicam maior grau de intemperismo, devido a presença de fragmentos rochosos (Santos, 2016) e pouca espessura, foi classificado como B incipiente.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Húmico Distrófico típico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Santos (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	0 - 5	187	364	448	0,80
A2	5 - 12	187	327	486	0,67
A3	12 - 20	192	323	485	0,65
AB	20 - 28	177	257	566	0,46
BA	28 - 50	169	247	584	0,43
Bi	50 - 75	138	295	567	0,53
BC	75 ⁺	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	5,5	3,7	5,8	0,39	-	9,4	0,7	20,0
A2	5,3	0,2	1,9	0,12	-	6,8	2,7	11,8
A3	5,2	0,0	1,0	0,09	-	9,3	3,5	13,8
AB	5,2	0,0	0,7	0,07	-	9,2	3,2	13,1
BA	5,3	0,0	0,6	0,08	-	5,7	3,4	9,8
Bi	5,4	0,0	0,6	0,05	-	5,7	2,8	9,2
BC	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 4. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	7	49	1,26	62,6
A2	54	19	0,45	47,9
A3	75	8	0,25	38,2
AB	81	6	0,24	26,1
BA	83	7	0,26	21,6
Bi	80	8	0,37	11,7
BC	-	-	-	-

4.2.4 Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos

Os Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típicos (Figura 10), localizados no município de Urupema, numa altitude de 1.110 metros, estão em posição de terço médio de paisagem com 6% de declividade. Apresentam textura argilosa em todos os horizontes com coloração predominante no matiz 10YR (cores variando de bruno acinzentado escuro no horizonte A e bruno avermelhado e amarelado escuro no horizonte B). O material de origem é composto por rochas vulcânicas (basaltos) do Grupo Serra Geral. Possuem estrutura granular no horizonte A e blocos subangulares no horizonte B, e consistência friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; e transição plana e difusa em todos os horizontes.

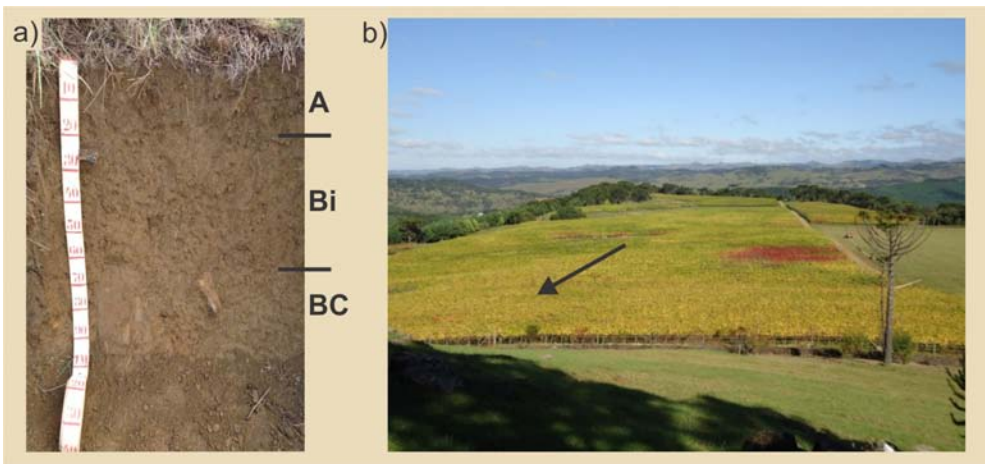


Figura 10. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico (Urupema, SC). Fonte: Denilson Dortzbach.

São solos distróficos, apresentando baixa saturação por bases (V%) e alta saturação por alumínio (Al%). Os teores de carbono são elevados nos horizontes superficiais, o que favorece a maior CTC nesses horizontes, com melhores condições de cátions básicos (cálcio e magnésio). Destaca-se maiores teores de fósforo nos horizontes superficiais (Quadro 5). Apesar de possuir cores bem escuras e altos teores de carbono orgânico no horizonte A, são classificados como A moderado, devido a espessura ser insuficiente para diagnosticar um horizonte A húmico ou proeminente.

Quadro 5. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Dortzbach (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	0-7	146	311	543	0,57
A2	7-17	136	350	514	0,67
BA	17-32	141	321	538	0,59
Bi	32-62	110	320	570	1,01
BC	62-97 ⁺	126	413	461	0,89

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	5,5	3,1	3,5	0,08	0,01	10,8	1,7	19,3
A2	5,4	1,3	1,5	0,05	0,00	7,8	2,9	13,6
A3	5,3	0,8	1,0	0,02	0,00	8,6	2,9	13,4
AB	5,7	0,8	1,0	0,01	0,00	5,8	3,7	11,3
BA	5,6	1,0	1,4	0,02	0,00	6,0	4,5	12,8

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	20	35	10,7	31,0
A2	51	21	10,5	27,0
A3	60	14	8,7	21,0
AB	67	16	4,5	14,0
BA	66	18	5,2	8,0

4.3 NITOSSOLOS

4.3.1 Nitossolos Brunos Distróficos típicos

Os Nitossolos Brunos Distróficos típicos (Figura 11), localizados no município de Painel, numa altitude de 1.140 metros, estão em posição de meia encosta com relevo ondulado (15% de declividade). Apresentam solo profundo (174 cm de solo), cores brunadas (bruno forte a bruno amarelado escuro), e textura argilosa com coloração predominante no matiz 10YR (cores brunadas). O material de origem são rochas vulcânicas (basaltos) do Grupo Serra Geral. Possuem estrutura moderada a fraca, blocos subangulares e moderada, pequena e média, granular, com consistência ligeiramente dura a dura, friável a firme, plástica e pegajosa no horizonte A. E estrutura moderada, grande, prismática, que se desfaz em moderada, média, blocos subangulares, com consistência dura, firme, plástica e pegajosa no horizonte B com a presença da cerosidade comum e fraca a comum e moderada, recobrendo os agregados.

São solos distróficos, bastante intemperizados, com baixa disponibilidade de cátions básicos trocáveis e elevados teores de alumínio, caracterizando alta saturação por alumínio (Al%) em todos os horizontes (Quadro 6). O horizonte superficial é do tipo A moderado, pois o teor de carbono não é suficiente para caracterizar o horizonte A húmico, assim como a cor úmida não atende para o A proeminente.

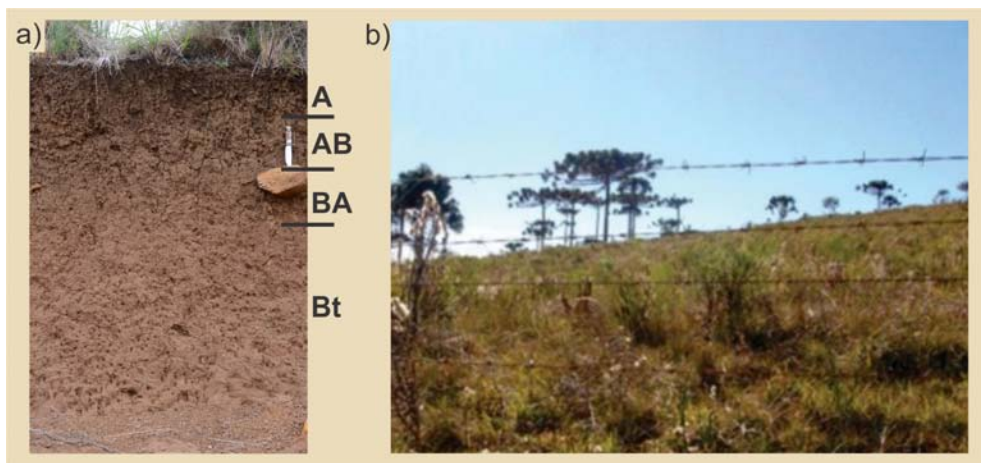


Figura 11. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Nitossolo Bruno Distrófico típico (Painel, SC). Foto: Jaime Antonio de Almeida.

Quadro 6. Dados granulométricos e químicos do Nitossolo Bruno Distrófico típico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Almeida et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A	0-17	81	256	663	0,39
AB	17-43	107	211	682	0,31
BA	43-63	89	189	722	0,26
Bt1	63-94	76	201	723	0,28
Bt2	94-127	86	212	702	0,30
Bt3	127-146	84	214	702	0,30
Bt4	146-174	112	227	661	0,41
BC	174-190	137	346	417	0,83

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,0	1,0	1,6	0,17	0,04	10,2	2,5	15,5
AB	5,1	0,8		0,06	0,03	8,3	2,5	11,7
BA	5,1	0,5		0,03	0,01	5,9	2,5	8,9
Bt1	5,2	0,5		0,02	0,01	4,8	1,9	7,2
Bt2	5,4	0,6		0,03	0,01	4,9	1,8	7,3
Bt3	5,3	0,6		0,02	0,01	5,0	1,7	7,3
Bt4	5,4	0,8		0,03	0,01	4,9	2,5	8,2
BC	5,5	0,6		0,04	0,02	5,6	2,6	8,9

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	47	18	1,0	31,9
AB	74	8	1,0	21,2
BA	83	6	<1,0	14,1
Bt1	79	7	1,0	7,3
Bt2	75	8	1,0	4,9
Bt3	74	8	1,0	4,2
Bt4	76	10	1,0	3,9
BC	79	8	5,0	2,2

4.3.2 Nitossolos Brunos Distróficos húmicos

Os Nitossolos Brunos Distróficos húmicos (Figura 12), localizados no município de São Joaquim, numa altitude de 1.260 metros, estão em posição de terço inferior de paisagem com relevo ondulado (8% de declividade). Apresentam no horizonte A textura franco-argilosa com cores brunadas (matiz 10YR) e, no horizonte B, textura argilosa com cores bruno escuro a bruno amarelado (7,5YR). O material de origem são rochas vulcânicas (basaltos) do Grupo Serra Geral. Possuem estrutura fraca, média e pequena, granular, ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa no horizonte A, e estrutura moderada, média, blocos subangulares, dura, friável, plástica e pegajosa no horizonte B, com cerosidade moderada e comum.

São solos distróficos, porém apresentam maior saturação por bases nos horizontes superficiais, com maior soma de cátions trocáveis básicos e menor saturação por alumínio (Al%) em comparação aos horizontes B. Os teores de carbono orgânico são elevados no horizonte A, o que favorece a maior CTC nesse horizonte, além de atender aos requisitos para horizonte A húmico (Quadro 7).

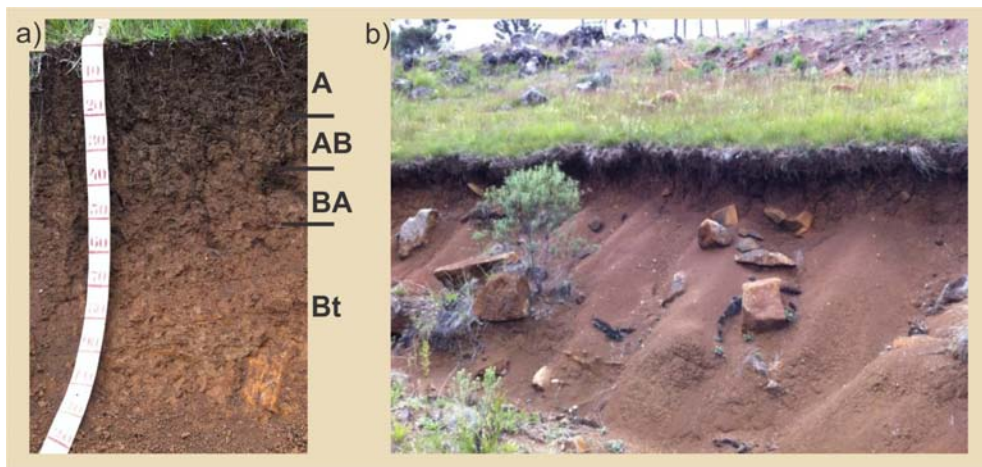


Figura 12. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Nitossolo Bruno Distrófico húmico (São Joaquim, SC). Fonte: Denilson Dortzbach.

Quadro 7. Dados granulométricos e químicos do Nitossolo Bruno Distrófico húmico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Dortzbach (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A1	0-10	239	411	350	1,17
A2	10-22	220	400	380	1,05
AB	22-41	106	254	540	0,46
BA	41-59	191	259	550	0,47
Bt	59-120	186	274	540	0,50

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,9	4,9	6,7	0,49	0,01	7,3	0,8	20,2
A2	4,5	2,4	3,6	0,04	0,00	5,9	2,8	14,8
AB	4,8	1,1	2,1	0,04	0,00	6,3	3,4	13,0
BA	5,0	0,4	1,2	0,05	0,00	8,0	2,7	12,3
Bt	5,2	1,5	2,1	0,03	0,00	5,4	3,0	12,0

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	6	60	9,3	32,0
A2	31	41	8,0	31,0
AB	52	25	4,5	25,0
BA	63	13	4,5	19,0
Bt	45	30	3,5	12,0

4.3.3 Nitossolos Vermelhos Distróficos típicos

Os Nitossolos Vermelhos Distróficos típicos (Figura 13), localizados no município de Campo Belo do Sul, numa altitude de 890 metros, estão em posição de terço inferior com relevo ondulado a forte ondulado (20% de declividade). Apresentam textura argilosa a muito argilosa com cores bruno avermelhadas no horizonte A (5YR) e vermelho no horizonte B (2,5YR). O material de origem são rochas vulcânicas (basaltos) do Grupo Serra Geral. Possuem estrutura fraca, pequena, granular, ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa no horizonte A. A estrutura apresenta grau de desenvolvimento moderado, médio e

pequena, em blocos subangulares. A consistência varia de dura, friável, plástica e pegajosa no horizonte B com cerosidade moderada e comum. A transição é plana e difusa em todos os horizontes.

São solos distróficos, porém diferem dos outros Nitossolos por apresentar maior saturação por bases (V%) nos horizontes superficiais e baixos valores de saturação por alumínio (Al%) (Quadro 8).

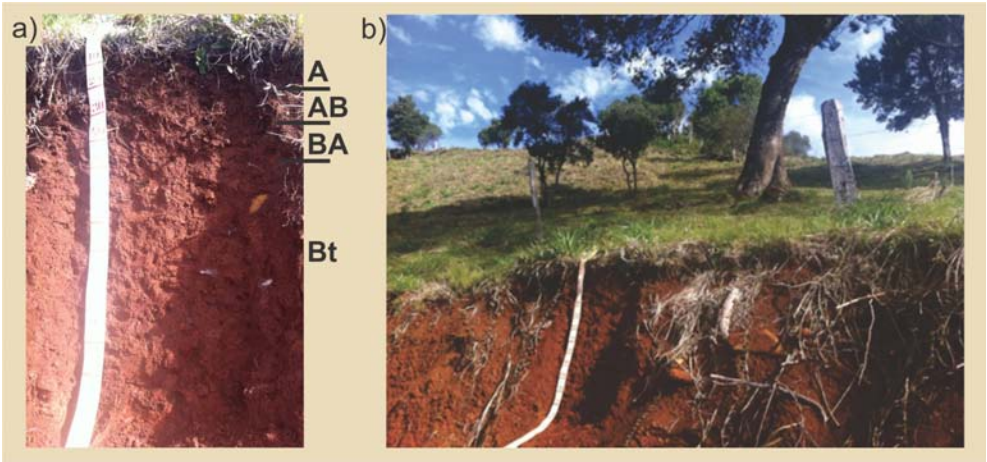


Figura 13. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Campo Belo do Sul, SC). Fonte: Denilson Dortzbach.

Quadro 8. Dados granulométricos e químicos do Nitossolo Vermelho Distrófico típico da Serra Catarinense. Dados extraídos de Dortzbach (2016).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
A	0-15	90	367	543	0,68
AB	15-30	46	405	549	0,73
BA	30-42	42	382	576	0,65
Bt1	42-65	24	349	617	0,56
Bt2	65-83	43	267	690	0,39
Bt3	83-94	37	345	618	0,56
BC	94-110	332	177	419	0,43

Quadro 8. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	5,2	6,9	4,6	0,19	0,01	7,0	0,2	19,0
A2	5,2	3,5	3,0	0,12	0,00	7,5	0,2	14,3
A3	4,9	1,3	2,4	0,08	0,00	6,8	0,7	11,2
AB	5,1	0,7	1,9	0,06	0,00	5,8	1,8	10,4
BA	5,0	0,7	1,7	0,05	0,00	5,8	2,0	10,2
Bi	5,2	0,7	2,3	0,04	0,00	4,1	2,4	9,4
BC	5,7	1,6	4,3	0,03	0,00	4,6	5,0	15,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	2	62	10,7	34,0
A2	3	46	7,7	28,0
A3	14	33	6,0	23,0
AB	40	26	5,1	17,0
BA	45	24	3,1	15,0
Bi	44	32	3,7	12,0
BC	46	38	3,0	10,0

Esses resultados são decorrentes dos maiores teores de carbono orgânico nos horizontes superficiais, que favorecem a maior CTC. O horizonte A foi classificado como A moderado. A boa drenagem e as condições climáticas, associadas ao material de origem com elevados teores de minerais ferromagnesianos, favoreceram a formação da hematita, que dá a cor vermelha ao solo (Figura 13).

4.4 ORGANOSSOLOS

4.4.1 Organossolos Fólicos Sápricos cambissólicos

Os Organossolos Fólicos Sápricos cambissólicos (Figura 14), localizados no município de Bom Jardim da Serra, numa altitude de 1.440 metros, estão próximo ao mirante da Serra do Rio do Rastro na estrada para o Parque Eólico, em barranco de beira de estrada com declive de 25-30% coberto por gramíneas. O material de origem são rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral. Possuem um horizonte O hístico com 60 cm de espessura, assentado sobre um solo mineral, que apresenta

horizonte A e Bi. A textura varia de franca a franco-arenosa no horizonte O, que apresenta estrutura forte, média e pequena, granular e forte, pequena, blocos angulares, extremamente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, com transição plana e difusa.

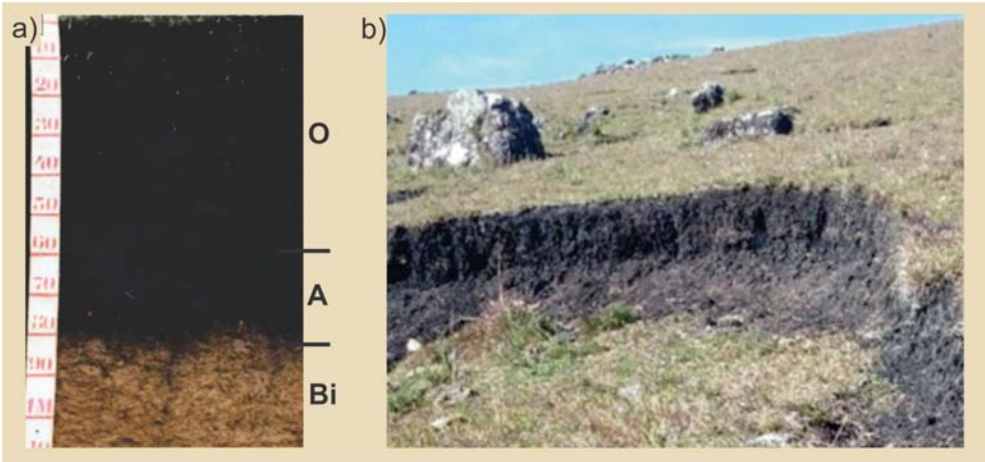


Figura 14. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Organossolo Fólico Sáprico cambissólico (Bom Jardim da Serra, SC). Fonte: Jaime Antonio de Almeida e Arcângelo Loss.

Os teores de carbono orgânico no horizonte O são elevados (>200 g kg⁻¹), com pH ácido e elevada acidez potencial, caracterizando um ambiente distrófico e com alta saturação por alumínio (Quadro 9). O material vegetal presente no horizonte O está altamente decomposto, caracterizando-se como sáprico.

Quadro 9. Dados granulométricos e químicos do Organossolo Fólico Sáprico cambissólida Serra Catarinense. Dados extraídos de Almeida et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	
O1	0-21	282	468	250	1,87
O2	21-60	700	139	161	0,86
A	60-75	347	374	279	1,34
AB	75-85/87	241	206	553	0,37
Bi	85/87-127	242	210	548	0,38

Quadro 9. Continuação.

Hori- zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
O1	4,3	0,9	0,8	0,51	0,20	100,2	14,7	117,3
O2	4,5	0,5		0,11	0,07	88,7	10,6	100,0
A	4,7	0,2		0,03	0,01	31,9	7,4	39,5
AB	4,7	0,2		0,03	0,01	20,2	7,0	27,4
Bi	4,8	0,2		0,04	0,01	6,9	5,7	12,8

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
O1	86	2	3	259,7
O2	94	1	<1	206,6
A	97	1	1	61,4
AB	97	1	1	31,9
Bi	97	2	1	8,6

Na mesma região também são comuns os Organossolos Fólicos Sápricos típicos, caracterizados pela presença de um horizonte O acentado sobre a rocha (R). Os dados morfológicos, físicos e químicos são semelhantes ao Organossolo apresentado.

5 Feições morfológicas típicas

As principais feições morfológicas típicas presentes nos solos da Serra Catarinen- se são a cerosidade, o caráter retrátil, a saia de barranco e a estrutura em blocos.

5.1 Cerosidade

A cerosidade (Figura 15) é representada pelo aspecto lustroso e brilho graxo conferida pela deposição de argila na superfície dos agregados. Em solos que possuem translocação de argila, a presença da cerosidade passa ser um atributo morfológico essencial na definição do horizonte B nítico e, consequentemente, importante na definição dos Nitossolos.

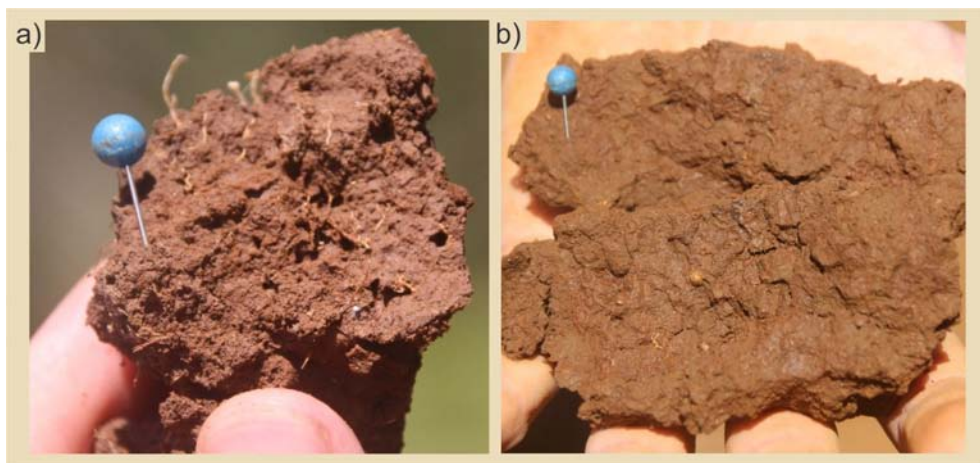


Figura 15. Exemplo de cerosidade moderada e comum (a e b) em Nitossolo Bruno (São Joaquim, SC). Fonte: Luana Moreira Florisbal.

5.2 *Caráter retrátil*

O caráter retrátil é encontrado em alguns solos do sul do Brasil localizados sob condições de clima subtropical úmido nos planaltos altomontanos. Ele é evidenciado apenas em solos de textura argilosa a muito argilosa, sendo representado por uma retração acentuada da massa do solo após a exposição do perfil ao efeito de secamento por algumas semanas, resultando na formação de fendas verticais pronunciadas e estruturas prismáticas grandes e muito grandes (Figura 16). Este caráter é comumente observado na classe dos Nitossolos Brunos localizados nas regiões de altitude da Serra Catarinense.

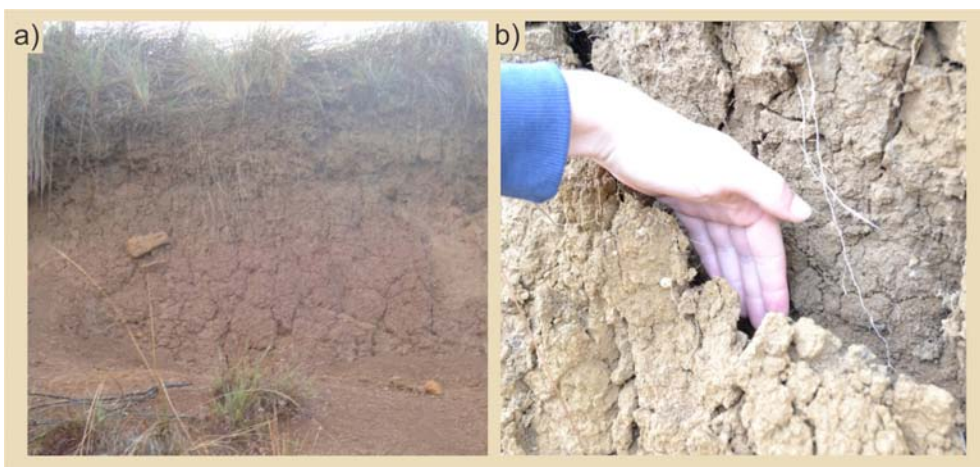


Figura 16. Exemplo de caráter retrátil (a e b) em Nitossolo Bruno (Painel, SC). Fonte: Luana da Silva.

5.3 Saia de barranco

Nos Nitossolos Brunos do sul do Brasil que apresentam caráter retrátil é comum a formação de uma “saia” ou “saia de barranco” (Figura 17), que é uma feição de acumulação na parte inferior do barranco. Quando observada lateralmente lembra uma saia.



Figura 17. Feição denominada de saia do barranco em Nitossolo Bruno (Painel, SC). Fonte: Jaime Antonio de Almeida.

5.4 Estrutura em blocos

Nos Organossolos localizados em ambiente bem drenado, como os da subordem dos Fólicos, normalmente evidencia-se uma estrutura fortemente desenvolvida, como, por exemplo, agregados em formato de blocos angulares no horizonte O hístico (Figura 18). A estrutura em blocos também é característica dos Cambissolos e Nitossolos da região.

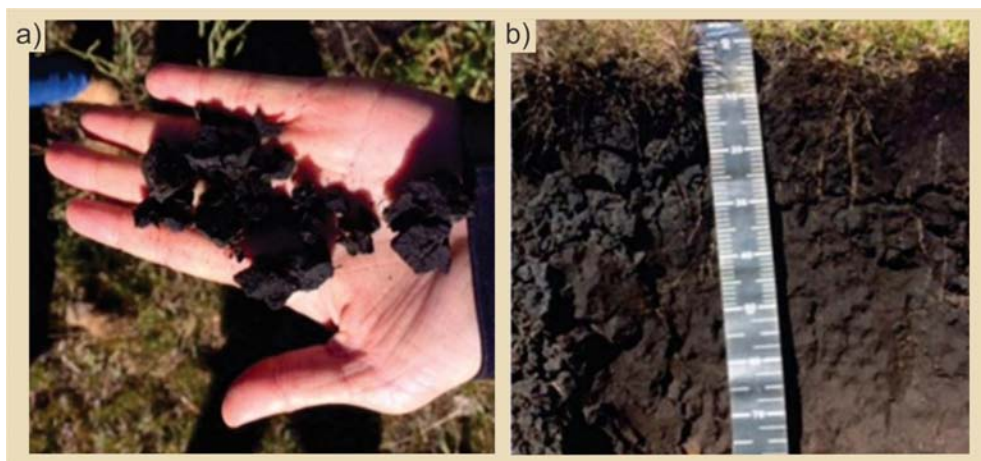


Figura 18. Estrutura em blocos angulares (a) em Organossolo Fólico (b) (Bom Jardim da Serra, SC). Fonte: Arcângelo Loss.

6 Limitações de uso agrícola

As principais limitações para o uso agrícola da maioria dos solos da Serra Catarinense são a baixa fertilidade natural, devido ao caráter distrófico e aos altos teores de alumínio e acidez potencial, sendo em muitos solos verificado o caráter aluminico (teor de $\text{Al}^{3+} \geq 4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Além da baixa disponibilidade de nutrientes e altos teores de alumínio, os solos da Serra Catarinense apresentam restrições ao uso devido a impedimentos à mecanização e maior susceptibilidade à erosão, devido a sua localização, em grande parte, situada em relevo acidentado e também a expressiva presença de pedregosidade e contato lítico, evidenciada nos Neossolos e Cambissolos, principalmente.

7 Potencial de uso das terras

Conforme o sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) e com base nos parâmetros químicos e localização dos solos da Serra Catarinense, o uso mais indicado seria com pastagem ou fruticultura de clima temperado. E conforme evidenciado no uso atual dos solos da região, o cultivo das macieiras e videiras vem sendo conduzidas com sucesso na região, com destaque para o município de São Joaquim. Dentre as classes de solos apresentadas, destacam-se os Nitossolos e Cambissolos, com maior potencial de utilização em comparação aos Neossolos e Organossolos.

8 Considerações finais

Uma das características marcantes dos solos da Serra Catarinense são os elevados teores de matéria orgânica, devido às condições climáticas com elevados índices pluviométricos e baixas temperaturas na maior parte do ano. Essas condições climáticas propiciam a formação de solos com horizonte hístico e húmico, que são fontes de carbono orgânico e que devem ser manejados com maior atenção, pois, se antropizados, podem disponibilizar carbono para a atmosfera e contribuir para o aumento dos gases do efeito estufa e, em consequência, para o aquecimento global.

Outra característica dos solos da região é o predomínio da textura argilosa, por possuírem como material de origem rochas vulcânicas com textura afanítica ou fanerítica fina e rochas sedimentares de granulometria predominantemente fina. Adicionalmente destacam-se os baixos valores de pH (ácido), que estão associados aos altos teores de hidrogênio e alumínio desses solos. Também são verificados baixos teores de cálcio, magnésio e potássio no complexo sortivo, caracterizando uma baixa da fertilidade natural.

9 Referências

Almeida JA, Santos PG, Shimizu SH, Dortzbach SH, Lunardi Neto A, Heberle DA. Excursão Técnica 1: Solos de altitude e do Litoral Sul de Santa Catarina (Mini RCC) in XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Ciência do Solo: Para que e para quem? 2013.

Almeida JA, Silva TP, Cunha GOM, Spido DR, Silva FTS. 2019. Atributos químicos, físicos e mineralógicos de solos derivados de rochas sedimentares do Planalto de Lages-SC, Brasil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v. 14, p. 1-12, 2019.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil: Meteorologische Zeitschrift. v. 22, p. 711–728, 2013.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Mapa geológico do estado de Santa Catarina. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Porto Alegre, 2014 (Escala 1:500.000).

Dortzbach D. Caracterização dos solos e avaliação da aptidão agrícola das regiões produtoras de vinhos finos de altitude de Santa Catarina. (Tese de Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. 2016.

EMBRAPA. Solos do Estado de Santa Catarina. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2004.

IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006 (Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008, publicado no Diário Oficial da União de 24 de novembro de 2008). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/lei11428_mata_atlantica.pdf. Acesso em: 13 de junho de 2022.

IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. Index of /cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile. Acesso em: 22 de julho de 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos do INMET. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. 2022. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em: 13 de junho de 2022.

Jackson RS. Wine Science: Principles and Applications. 3. ed. Oxford: Academic Press. 2008.

Koppen W. Das geographische System der Klimate, in Köppen, W., and Geiger, R., eds., Handbuch der Klimatologie: Gebrüder Bornträger, Berlin, v. 1, p. 1–44. 1936.

Ramalho Filho A, Beek KJ. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1995.

SANTA CATARINA. Atlas de Santa Catarina. 2. ed. GAPLAN - Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 1986.

Santos, E. A. Análise Multicriterial dos Fatores Meteorológico, Fisiográfico, Pedológico e Geológico para Confecção do Mapa de Aptidão à Viticultura do Município de São Joaquim, Santa Catarina (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2016.

SANTUR. Agência de Desenvolvimento do Turismo de Santa Catarina. Almanach V.2.0. Dados sobre o Turismo Catarinense. Agência de Desenvolvimento do Turismo de Santa Catarina – SANTUR. Governo de Santa Catarina. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieYTk5NjkzZjAtZTFkMy00Y2lwLWFhZjktMGY0YjFkNjlkZTBjliwidCI6IjI2NTA3NDNlLTRkOTMtNDQ4ZS05NjliLTU4YTU4ZT-M0YzMxZSJ9>

SEPLAN. Secretaria do Planejamento. Limites Municipais. Secretaria do Planejamento - SEPLAN. Governo de Santa Catarina. 2013. Disponível em: <http://sigsc.sc.gov.br/download/index.jsp>. Acesso em: 22 de julho de 2022.



Solos da Baixada Litorânea Fluminense

*Marcos Gervasio Pereira¹; Carlos Roberto Pinheiro Junior²;
Otavio Augusto Queiroz dos Santos¹.*

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

1 Introdução

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade e mais ameaçados do planeta. Originalmente este bioma se estendia por todo o litoral brasileiro, do Ceará ao Rio Grande do Sul, e em alguns pontos até centenas de quilômetros pelo interior do Brasil. Atualmente, restam apenas 8,5% de remanescentes florestais acima de 100 hectares. Somados todos os fragmentos de floresta nativa acima de 3 hectares, são observados apenas 12,5% dos 1,3 milhões de quilômetros quadrados originais (SOS Mata Atlântica, 2015).

O estado do Rio de Janeiro, inserido no Bioma Mata Atlântica, representa uma área com alta diversidade de paisagens vegetacionais e habitats, incluindo várias espécies de plantas endêmicas. A flora do estado do Rio de Janeiro é reconhecidamente uma das mais ricas do país e o estado apontado como um importante centro de endemismo (Coelho et al., 2017).

No estado do Rio de Janeiro é observada uma grande variedade de ambientes de formação de solos, evidenciados pela existência de regiões geomorfologicamente distintas, tais como: a) Região Serrana; b) planaltos e vales interiores; c) planícies costeiras ou litorâneas; d) Tabuleiros Costeiros; e) delta do Rio Paraíba e as várzeas de outros rios e; f) restingas e dunas litorâneas (Anjos e Pereira, 2013). Nestes ambientes são verificados solos que possuem uma grande diversidade de atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos, que irão influenciar nas recomendações de manejo a serem adotadas.

Este texto abordará, de forma detalhada, alguns solos e paisagens do Bioma Mata Atlântica na baixada litorânea fluminense, Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil, apresentando a sua diversidade pedológica, aspectos ambientais importantes, limitações e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

O estudo foi realizado no município de Seropédica, que possui seu acesso principal pela rodovia federal BR-465. A rodovia Presidente Dutra (BR-116) corta o município de leste a oeste; a rodovia estadual RJ-099 conecta o município ao sul do estado, e a RJ-125 dá acesso ao norte do estado.

O município possui autonomia econômica, sendo suas principais atividades baseadas na extração de areia para uso na construção civil, e de setores industriais instalados próximo à rodovia Presidente Dutra destinados a médias e grandes empresas, entre elas uma termoeletrica. Grande parte da economia do município

também gira em torno da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e da comunidade universitária.

O clima é tropical, com inverno seco classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen. O calor é bem distribuído ao longo do ano, e a região não apresenta déficit hídrico. A temperatura média anual da região é de 22,7 °C e a precipitação média é de 1291,7 mm. Em relação à vegetação original, a área do campus da UFRRJ era coberta por floresta tropical semidecidual. Hoje em dia, devido à remoção da vegetação, as terras são cobertas principalmente por comunidades de gramíneas, incluindo *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* e *Imperata brasiliensis*. Nas áreas mais altas e bem drenadas, essa cobertura é substituída por uma vegetação mais alta e pouco densa, com arbustos.

O relevo na área do campus é ondulado com baixas altitudes, compreendendo colinas arredondadas em forma de “meias laranjas” e vales suaves. Os morros, com topos arredondados e encostas côncavo-convexas, representam resquícios do embasamento cristalino (rochas pré-cambrianas) (Silva, 1992) (Figura 1a e b). Este complexo rochoso é formado por gnaiss, charnockito e milonito, tendo como constituintes principais o quartzo, feldspato alcalino, plagioclásios, grana-da e biotita, além de silimanita, magnetita, ilmenita e cordierita que ocorrem com frequência. Essas feições são cobertas por sedimentos fluviais e coluviais que podem de textura arenosa ou argilosa, que se diluem gradualmente em direção ao topo das colinas. O quaternário na área é representado por depósitos aluviais e coluviais (Silva et al., 2001).



Figura 1. Feição geomorfológica de “Mar de Morros” (a) e feição de “meia-laranja” observada no campus da UFRRJ (b). Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

Os depósitos aluviais são constituídos por sedimentos fluviais de natureza argilosa, que preenchem as depressões alveolares, abrigadas entre as colinas. Na transição entre as colinas e os vales, são observados depósitos coluviais de material areno-argiloso, que recobrem o regolito do morro e são classificados como rampas de colúvio. Esses depósitos são resultantes de movimentos de massa do regolito da Serra do Mar (Silva, 1992).

3 Relação solo – paisagem

A área onde situam-se os perfis localiza-se no campus da UFRRJ. Na área são observadas feições de topos arredondados e vertentes côncavo-convexas que representam remanescentes do embasamento cristalino, rochas do Pré-Cambriano, que foram retrabalhadas e originaram os sedimentos coluviais e aluviais, aos quais as colinas estão associadas na paisagem (Amador, 1980; Goes, 1994; Rio de Janeiro, 1995). Segundo Goes (1994), no Holoceno Subatual (6-5 mil anos antes do presente), formaram-se rampas de colúvio dissecadas e ombreiras associadas às colinas estruturais, além de terraceamento e depressões alveolares colúvio-aluvionares, definindo as feições geomorfológicas atuais (Silva et al., 2001).

Os principais solos observados na região de estudo são apresentados na Figura 2, sendo distribuídos da seguinte forma: Cambissolo Háplico (topo); Argissolo Vermelho-Amarelo (terço superior); Argissolo Amarelo (terço médio); Planossolo Háplico (terço inferior) e Gleissolo Háplico (baixada).



Figura 2. Relação solo-paisagem característica da Baixada Litorânea Fluminense. CX - Cambissolo Háplico; PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo; PA - Argissolo Amarelo; SX - Planossolo Háplico e GX - Gleissolo Háplico. Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

4 Dados pedológicos

4.1 Cambissolos Háplicos

Os Cambissolos são solos que apresentam um baixo grau de desenvolvimento pedogenético. Na área de estudo são observados Cambissolos formados a partir do intemperismo de rochas de caráter ácido (granitos e gnaisses) majoritariamente, sendo estes denominados de autóctones, predominando a classe dos Cambissolos Háplicos (Figura 3). Na área de estudo também se verificam Cambissolos formados a partir da drenagem de áreas nas quais houve o depósito de sedimentos colúvio-aluviais, sendo estes classificados como Cambissolos Flúvicos.

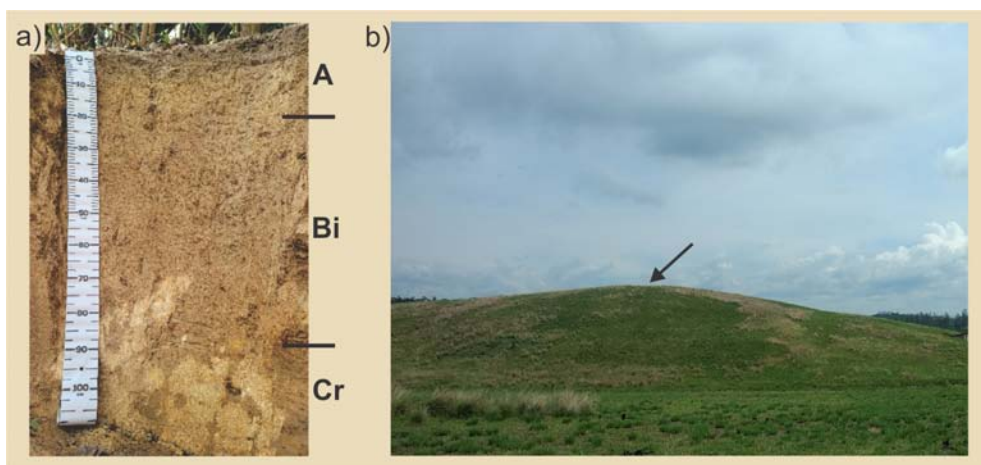


Figura 3. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Háplico. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Os Cambissolos Háplicos localizam-se em posições de relevo suave ondulado a ondulado, o que favorece que os solos sejam pouco espessos, pois são submetidos a constante ação dos processos erosivos, contribuindo para a redução da espessura do horizonte A e do perfil do solo como um todo. Normalmente nestes perfis verifica-se a sequência de horizontes A-Bi-C. No horizonte A é observada estrutura granular com tamanho variando de pequeno a médio e grau de desenvolvimento forte. No horizonte Bi verifica-se estrutura em blocos subangulares de tamanho que varia de pequeno a médio e grau de desenvolvimento forte. Já no horizonte Cr observa-se a presença de blocos subangulares de tamanho pequeno a médio e grau de desenvolvimento fraco. Quanto as cores, verificam-se tons brunados ao longo de todo o perfil, tornando-se o matiz ligeiramente avermelhado

em profundidade.

A fertilidade é variável, sendo verificados tanto solos eutróficos como distróficos, sendo que em ambos a atividade de argila é predominantemente baixa. No Quadro 1 são apresentadas algumas características físicas e químicas de um Cambissolo Háplico.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico. Dados extraídos de Silva et al. (2001).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-7	515	183	150	152	0,98
AB	7-21	510	130	160	200	0,80
Bi	21-38	458	111	126	305	0,41
BC	38-80	500	170	120	210	0,57
Cr	80-105 ⁺	532	162	112	194	0,58

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,4	1,4	2,2	0,02	0,01	2,5	0,1	6,2
AB	4,8	1,2	2,1	0,01	0,01	1,3	2,1	4,6
Bi	4,6	0,6	0,7	0,01	0,01	1,1	2,9	5,1
BC	4,9	0,5	0,8	0,03	0,02	0,1	2,5	3,9
Cr	4,9	0,6	0,9	0,04	0,02	0,1	2,6	4,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	3	58	4	14,5
AB	39	71	2	1,20
Bi	72	22	2	2,0
BC	65	31	2	1,0
Cr	62	37	2	1,0

4.2 Argissolos Vermelho-Amarelos

São solos de profundidade variável, com drenagem variando de boa a moderada, formados a partir de rochas de caráter ácido (granitos e gnaisses predomi-

nantemente) ou pelos sedimentos produzidos a partir do intemperismo destas rochas. São verificados em maior expressão em áreas de relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado. Apresentam matizes vermelho-amareladas, e saturação por bases variável, os de maior ocorrência possuem argilas de atividade baixa (capacidade de troca catiônica da fração argila com valores menores ou iguais a $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila).

Nestes solos é identificada a presença de um horizonte de acúmulo de argila, B textural (Bt) (Santos et al., 2018) que pode ter sido formado pelo processo pedogenético de eluviação/iluviação, que contribui para um aumento absoluto e/ou elutriação, no qual ocorre a remoção seletiva de argila, por erosão, do horizonte A levando a um aumento relativo no conteúdo de argila no horizonte B (Kämpf e Curi, 2012). Em alguns perfis de Argissolos Vermelho-Amarelos pode ser observada a presença de cerosidade.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (Figura 4) apresentam sequência de horizontes A-Bt-C-R ou A-Bt-C, podendo por vezes ser verificado um horizonte E precedendo o horizonte Bt. A classe textural no horizonte superficial pode variar de areia franca até franco argiloarenosa e a estrutura predominante é a granular, com grau de desenvolvimento que varia de fraco a moderado. No horizonte B, são observados blocos angulares e subangulares. No Quadro 2 são apresentadas algumas características de um Argissolo Vermelho-Amarelo.

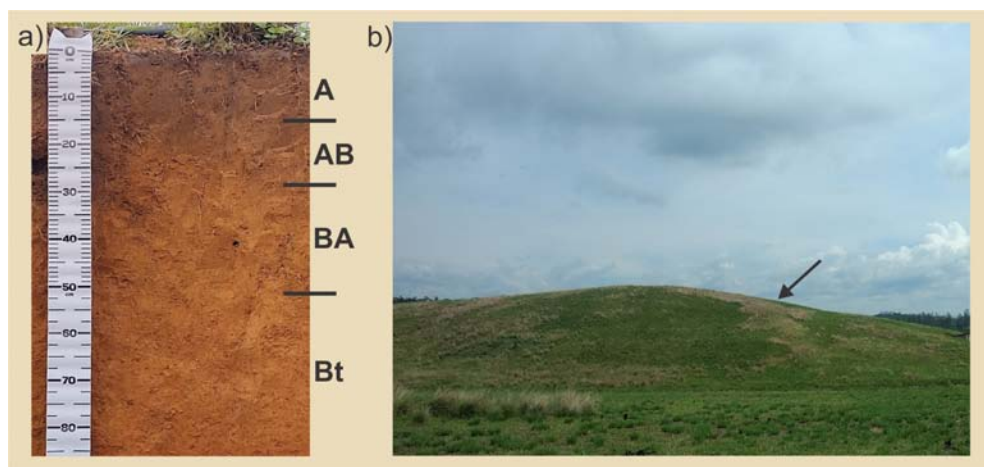


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Argissolo Vermelho-Amarelo. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo. Dados extraídos de Silva et al. (2001).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-15	410	170	120	300	0,40
AB	15-29	390	140	110	360	0,31
BA	29-52	380	110	120	390	0,31
Bt1	52-79	320	130	10	540	0,02
Bt2	79-102	230	100	140	530	0,26
Bt3	102-124	70	30	380	520	0,73
BC	124-155	210	120	210	460	0,46
C	155-170 ⁺	290	270	180	260	0,69

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,8	1,9	1,8	0,32	0,10	3,7	0,3	8,1
AB	5,5	1,3	1,0	0,11	0,05	2,9	0,4	5,8
BA	6,1	1,5	1,0	0,04	0,04	2,0	0,0	4,6
Bt1	6,3	1,3	1,4	0,05	0,06	1,8	0,0	4,6
Bt2	6,3	1,1	1,9	0,07	0,14	1,9	0,0	5,1
Bt3	6,2	1,1	2,1	0,04	0,24	2,0	0,0	5,5
BC	6,0	0,5	2,4	0,04	0,25	2,0	0,0	5,2
C	5,6	0,1	2,2	0,06	0,16	1,4	0,0	5,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	7	51	< 1	19,0
AB	14	43	< 1	9,6
BA	0	56	< 1	7,6
Bt1	0	61	< 1	5,5
Bt2	0	63	< 1	4,8
Bt3	0	64	< 1	4,5
BC	0	61	< 1	3,8
C	0	47	< 1	2,6

4.3 Argissolos Amarelos

Os Argissolos Amarelos (Figura 5), são solos que possuem profundidade variável, formados predominantemente por sedimentos coluviais produzidos a partir do intemperismo de rochas de caráter ácido. Localizam-se predominantemente na posição de terço médio de encosta e possuem drenagem moderada. Suas cores são predominantemente amareladas, com matiz variando entre 10YR e 7,5YR.

De maneira geral apresentam fertilidade natural baixa (distróficos ou álicos) e com argilas de atividade baixa. Em função do ponto da paisagem que estes solos estão localizados, o processo pedogenético de elutriação é de maior expressão. Através deste processo ocorre a remoção de argila do horizonte superficial promovendo um aumento relativo do conteúdo de argila no horizonte B, culminando com a formação de um horizonte B textural (Bt). São solos que apresentam o mesmo tipo de estrutura nos horizontes superficiais e subsuperficiais verificadas para a ordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos, sendo também observada a mesma sequência de horizontes A-Bt-C. No Quadro 3 são apresentados alguns dados físicos e químicos de um Argissolo Amarelo.

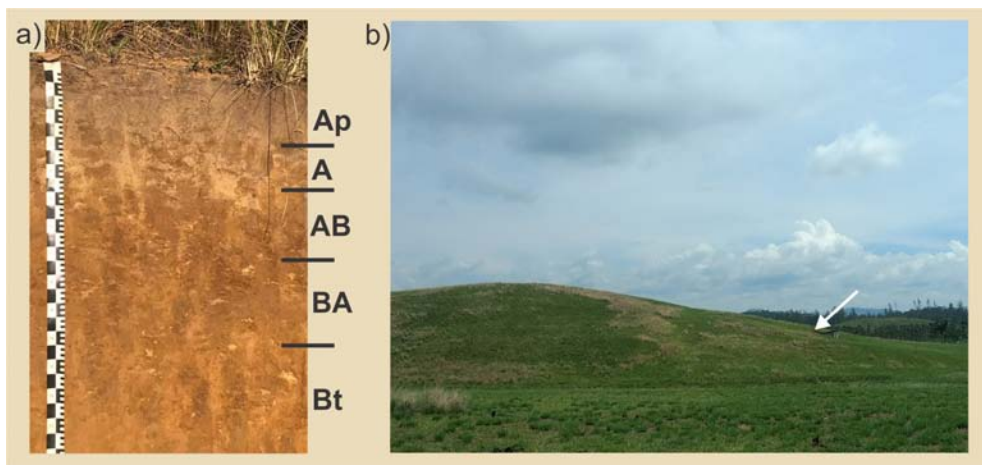


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Argissolo Amarelo. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Amarelo. Dados extraídos de Silva et al. (2001).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0-22	460	220	70	250	0,28
A	22-44	400	240	90	270	0,33
AB	44-70	370	250	60	320	0,19
BA	70-99	330	150	50	470	0,11
Bt1	99-123	290	150	50	510	0,10
Bt2	123-168	290	110	60	540	0,11
BC	168-187 ⁺	290	150	50	510	0,10

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ap	5,2	0,5	0,8	0,07	0,04	3,7	0,9	6,0
A	5,0	0,4	0,4	0,04	0,03	2,8	1,1	4,8
AB	5,1	0,3	0,5	0,02	0,02	1,8	1,1	3,7
BA	4,9	0,4	0,3	0,01	0,03	2,5	2,0	5,2
Bt1	4,8	0,1	0,3	0,01	0,03	2,2	2,4	4,9
Bt2	4,9	0,2	0,2	0,01	0,05	1,9	2,0	4,4
BC	5,0	0,3	0,3	0,01	0,04	1,7	1,5	4,0

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ap	39	23	2	10,9
A	56	18	1	8,4
AB	57	22	< 1	4,6
BA	73	14	< 1	4,1
Bt1	88	7	< 1	4,0
Bt2	81	11	< 1	3,8
BC	67	19	< 1	3,3

4.4 Planossolos Háplicos

Os Planossolos Háplicos (Figura 6) são solos localizados no terço inferior da encosta, formando por sedimentos colúvio-aluviais, possuem profundidade variável, sendo a sequência de horizontes mais comum observada a A-E-Bt (plânico)-Cg. São formados pelos processos pedogenéticos de lessivagem, contribuindo para intensa translocação de argila, e pelo processo de ferrólise, sendo o principal responsável pela destruição das argilas no topo do horizonte B através de reações de acidólise (Kämpf e Curi, 2012). Ambos os processos contribuem para formação da mudança textural abrupta (Santos et al., 2018), um dos principais atributos diagnósticos do horizonte B plânico e, conseqüentemente, da ordem dos Planossolos.

Possuem textura arenosa nos horizontes A e E, sendo nestes horizontes observada estrutura sem agregação (grão simples) ou granular com grau fraco de desenvolvimento. O horizonte subsuperficial (Bt – plânico) pode apresentar cores acinzentadas com a presença de mosqueados. Abaixo deste horizonte pode ser observado um horizonte de estrutura maciça, de cores acinzentadas, fruto da redução e remoção do ferro, processo pedogenético de gleização, denominado de horizonte glei (Cg). De maneira geral são solos que apresentam baixa fertilidade natural (distróficos ou álicos) e argilas de atividade baixa. No Quadro 4 são apresentadas as principais características físicas e químicas de um Planossolo Háplico.

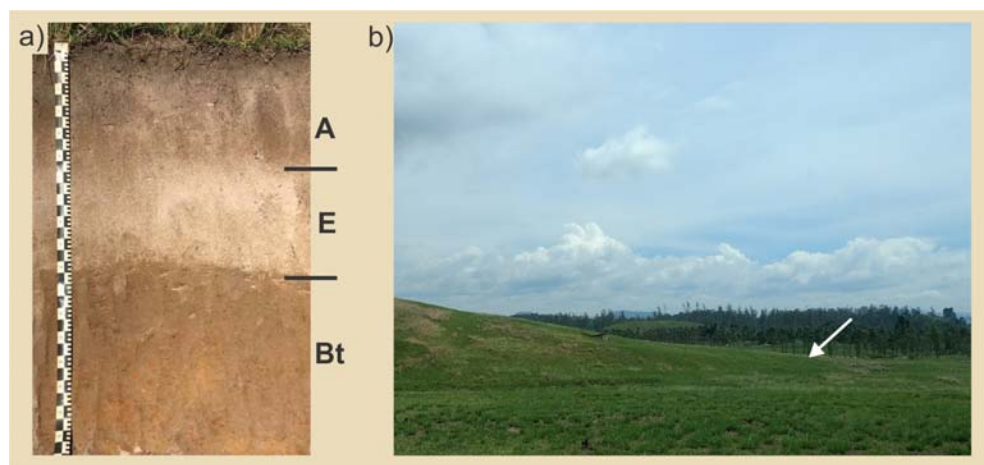


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Planossolo Háplico. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Planossolo Háplico. Dados extraídos de Silva et al. (2001).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-16	510	360	40	90	0,44
A2	16-28	480	350	70	100	0,70
E	28-68	600	230	50	120	0,42
Btx	68-84	450	160	10	380	0,03
Bt1	84-106	410	170	0	420	0,00
Bt2	106-141 ⁺	370	120	30	480	0,06

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	5,4	0,4	0,4	0,08	0,04	2,7	0,5	4,1
A2	5,1	0,1	0,2	0,03	0,03	1,6	0,8	1,6
E	5,2	0,2	0,0	0,03	0,02	0,9	0,7	0,9
Btx	5,1	0,4	0,5	0,01	0,06	1,5	2,1	1,5
Bt1	5,1	0,3	0,6	0,01	0,06	1,5	2,4	1,5
Bt2	5,0	0,3	0,3	0,03	0,07	1,3	3,0	1,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	35	22	3	9,7
A2	69	13	2	4,7
E	74	14	<1	2,6
Btx	68	21	<1	2,6
Bt1	71	25	1	2,3
Bt2	87	14	1	2,2

4.5 Gleissolos Háplicos

Os Gleissolos Háplicos (Figura 7) são solos formados por sedimentos colúvio/aluviais que ocorrem nos pontos mais baixos da paisagem, nos quais é verificada uma maior influência do lençol freático. As condições de drenagem impedida impostas pelo fator relevo são fundamentais para o desenvolvimento do processo pedogenético de gleização (Kämpf e Curi, 2012). As cores acinzentadas surgem da redução e remoção do ferro, sendo os níveis de gleização variáveis em função da sazonalidade. Normalmente nestes solos observa-se a sequência A-Cg ou A-B-g-Cg. No horizonte superficial verifica-se a ocorrência de estrutura granular de grau de desenvolvimento moderado ou forte, e em subsuperfície a estrutura maciça. Cores mosqueadas ou variegadas são frequentemente observadas e surgem como resultado dos ambientes de oxirredução de ferro.

A fertilidade é variável, sendo verificados tanto solos eutróficos como distróficos, sendo que em ambos a atividade de argila é predominantemente baixa. No Quadro 5 são apresentadas algumas características físicas e químicas do Gleissolo Háptico. Em algumas áreas que foram submetidas ao processo de drenagem verifica-se o surgimento de estrutura em blocos com grau de desenvolvimento que varia de fraco a moderado e tamanho de médio a grande, o que faz com que estes solos sejam identificados no quarto nível categórico (subgrupo) como “cambissólicos”.

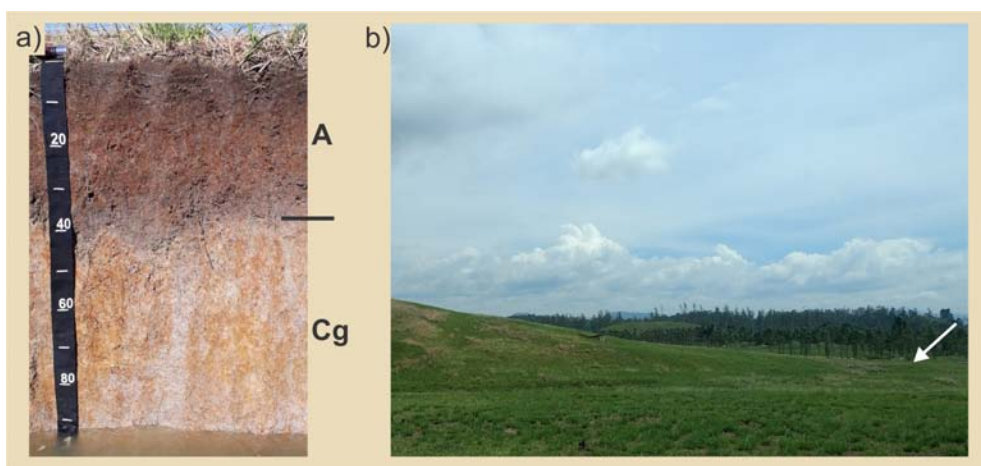


Figura 7. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Gleissolo Háptico. A seta indica a posição na paisagem onde ocorre o solo. Fonte: Dos autores.

Quadro 5. Dados granulométricos e químicos do Gleissolo Háplico. Dados extraídos de Silva et al. (2001).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-15	130	50	90	630	0,14
Cg1	15-40	140	50	40	670	0,06
Cg2	40-61	120	80	110	690	0,16
Cg3	61-75 ⁺	190	70	240	500	0,48

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	4,5	2,3	1,1	0,18	0,60	14,6	3,7	22,5
Cg1	4,9	2,4	1,2	0,01	0,23	3,2	2,1	9,1
Cg2	5,0	2,8	1,7	0,01	0,23	3,1	1,9	9,7
Cg3	5,0	2,5	1,5	0,01	0,16	1,9	1,2	7,3

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	47	19	5	45,7
Cg1	35	42	< 1	6,6
Cg2	29	49	< 1	4,9
Cg3	22	57	2	3,2

5 Feições morfológicas típicas

Os perfis na região de estudo por vezes apresentam feições morfológicas distintas e que valem a pena ser destacadas, pois refletem a influência dos processos pedogenéticos específicos que atuaram em sua formação. Em alguns perfis de Argissolos Vermelho-Amarelos pode ser observada a presença de cerosidade, um atributo morfológico que consiste em um aspecto lustroso e reveste a superfície dos agregados do horizonte B (Figura 8). Essa feição morfológica é um indicativo da translocação de argila no perfil do solo.

Nos Planossolos Háplicos verifica-se, por vezes, uma transição abrupta associada a mudança textural abrupta entre o horizonte E e o B plânico (Figura 9). Quando o perfil de solo encontra-se seco observa-se uma variação marcante da

coloração do horizonte E (presença de cores claras) para o horizonte B plânico (cores acinzentadas associadas a mosqueados de cores vermelhas e/ou amareladas).



Figura 8. Feição morfológica de cerosidade (indicada pelas setas) em horizonte Bt de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Fonte: Eduardo Carvalho da Silva Neto.



Figura 9. Perfil de Planossolo Háplico com destaque para a transição abrupta entre os horizontes (indicada pela seta). Fonte: Dos autores.

Nos perfis de Gleissolos localizados nas partes de mais baixas da paisagem, em função das condições de drenagem impedida, podem surgir cores mosqueadas (Figura 10) ou variegadas como resultado dos ambientes de oxirredução de ferro.



Figura 10. Presença de cores mosqueadas em perfil de Gleissolo Háplico. Fonte: Dos autores.

6 Limitações de uso agrícola

Os Argissolos (Vermelho-Amarelo e Amarelo) apresentam como principal limitação a susceptibilidade a erosão, em função da presença do horizonte Bt, que contribui para a diminuição do fluxo interno de água e, dependendo da declividade do terreno e do tipo de uso e manejo que são adotados na área, podem intensificar esse processo. Adicionalmente, a declividade da superfície pode limitar a mecanização. Estes solos também podem apresentar baixa fertilidade natural, o que seria uma outra restrição à sua utilização.

Os Planossolos são solos que possuem baixa vocação agrícola, nos horizontes superficiais observa-se textura arenosa o que contribui para uma rápida decomposição da matéria orgânica, baixa retenção de água e de nutrientes. Adicionalmente, no período de maior precipitação pluviométrica pode haver a formação

de um lençol freático suspenso no topo do horizonte Bt (plânico) que pode contribuir para a deficiência de oxigênio, limitando principalmente o desenvolvimento de culturas perenes. Em função da presença de um horizonte de acúmulo de argila (Bt – B plânico) pode também ser observado problemas de suscetibilidade à erosão.

Os Gleissolos possuem como principais limitações a textura argilosa no horizonte superficial, dificultando as operações de mecanização e a deficiência de oxigênio nos períodos de maior precipitação pluviométrica.

Para os Cambissolos Háplicos as principais limitações estão associadas a sua localização na paisagem e pequena espessura do solo, o que desfavorece a mecanização e torna estes solos suscetíveis ao processo erosivo.

7 Potencial de uso das terras

Considerando as limitações apresentadas acima, para os Argissolos observam-se restrições para o cultivo de espécies anuais, este pode ser feito quando associado a práticas conservacionistas que reduzem as perdas de solos por erosão. Nestes solos são recomendadas culturas perenes, pois minimizam o revolvimento do solo, ou sistemas agroflorestais.

Na área dos Planossolos, em função das restrições verificadas, as possibilidades de utilização são o cultivo de arroz inundado, culturas anuais (com destaque para olericultura em sistema de canteiros) ou pastagem. Em função da textura arenosa dos horizontes superficiais dos solos apresentados anteriormente, o manejo dos mesmos deve estar associado a práticas que contribuam para o aumento e/ou manutenção dos teores de carbono orgânico. Dessa forma, problemas como a perda de nutrientes por lixiviação, estresse hídrico e suscetibilidade à erosão, serão minimizados.

Para os Gleissolos os principais potenciais de uso estão relacionados com o cultivo de culturas anuais, com destaque para arroz irrigado, além da possibilidade de uso com pastagem adaptadas a ambientes mais úmidos.

Quanto aos Cambissolos Háplicos, em função da sua pequena expressão e também das limitações impostas pelo relevo, estes devem ser destinados ao cultivo de culturas perenes associadas a práticas conservacionistas.

8 Considerações finais

Os solos localizados no município de Seropédica apresentam uma grande diversidade de características, decorrentes da ação dos processos pedogenéticos (múl-

tiplos e específicos) associados aos fatores de formação, especialmente o relevo.

Nas partes mais elevadas da vertente podem ser observados Cambissolos ou Argissolos. Em função das características destes solos, pequena espessura (Cambissolos) ou horizontes de acúmulo de argila (Argissolos), estes solos devem ser destinados principalmente para culturas perenes, ou quando utilizados com culturas anuais, devem ser adotadas práticas conservacionistas para a redução do processo erosivo.

Nas partes mais baixas da paisagem (terço inferior e sopé) nas quais são observadas restrições a drenagem em diferentes graus (imperfeita e impedida) ocorrem os Planossolos e Gleissolos. As limitações restringem a possibilidade de utilização destes solos, sendo recomendados preferencialmente para culturas anuais (com destaque para o arroz irrigado) e pastagem.

De maneira geral verifica-se que todos os solos apresentados possuem fragilidades de diferentes naturezas e graus, sendo necessário que estas sejam identificadas para que os solos sejam utilizados de forma sustentável.

9 Referências

Amador ES. Unidades sedimentares cenozóicas do recôncavo da Baía de Guanabara (Folhas Petrópolis e Itaboraí). Ann. Acad. Bras. Ci. 52:743-761, 1980.

Anjos LHC, Pereira MG. Principais classes de solo do Estado do Rio de Janeiro. In: Freire LR, Balieiro FC, Zonta E, Anjos LHC, Pereira MG, Lima E, Guerra JGM, Ferreira MBC, Leal, MAA, Campos DVB, Polidoro JC, Editores. Manual de Calagem e Aducação do Estado do Rio de Janeiro. 1ed.Brasília - Seropédica: Embrapa - Universidade Rural, 2013. p. 37-67.

Coelho MAN, Baumgratz JFA, Lobão AQ, Sylvestre LS, Trovó M, Silva LAE. Flora do estado do Rio de Janeiro: avanços no conhecimento da diversidade. Rodriguésia. 681-11, 2017.

DER – RJ. Departamento de Estradas de Rodagem. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Mapa Rodoviário 2020.

Goes MMB. Diagnóstico ambiental para geoprocessamento do município de Itaguaí (RJ) [Tese]. São Paulo; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 1994.

Kämpf N, Curi N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: Ker, JC, Curi N, Schaefer, CEGR, Vidal-Torrado P, editores. Pedologia: fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2012. p. 207-302.

Rio de Janeiro. Departamento de Recursos Minerais. Sinopse geológica do estado do Rio de Janeiro: Texto explicativo do mapa geológico 1:40.000. Niterói, Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro, 1995.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: Embrapa; 2018.

Silva MB. Caracterização dos solos em uma toposseqüência no campus da UFRRJ [Dissertação]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1993.

Silva MB, Anjos L HC, Pereira MG, Nascimento RAM. Estudo de toposseqüência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. Rev. Bras. Cienc. Solo. 25:965-976, 2001.

SOS Mata Atlântica – Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2013-2014: Relatório Técnico. 2015.



Solos orgânicos do estado do Rio de Janeiro

*Marcos Gervasio Pereira¹; Eduardo Carvalho da Silva Neto¹;
Otavio Augusto Queiroz dos Santos¹.*

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

1 Introdução

Os solos orgânicos denominados Organossolos (Santos et al., 2018), ou Histosols (Soil Survey Staff, 2022; IUSS Working Group WRB, 2022) desempenham um importante papel na manutenção do balanço de carbono do planeta. Apesar de globalmente cobrirem apenas 3% da área terrestre, por apresentarem elevados conteúdos de carbono, estima-se que armazenem até 30% do carbono total do solo, agindo assim como grandes reservatórios de carbono (Joosten e Couwenberg, 2008). No Brasil, esses solos têm sido identificados com maior frequência nas regiões Sudeste e Sul, ocupando de 0,03 a 0,07% do território nacional (Anjos et al., 2012; Pereira et al., 2005), cerca de 0,6 – 1,0 milhão de hectares distribuídos em áreas tropicais e subtropicais, com uma média de 204 Mg ha⁻¹ de estoque de carbono orgânico em 1,00 m de profundidade desde a camada superficial do solo (Valladares, 2003). Considerando que o Brasil possui mais de 12.200 km² de áreas de mangue, distribuídos em mais de 7.000 km de costa onde é provável a presença de solos de constituição orgânica nesses ambientes. Portanto, a área exata de Organossolos no território brasileiro ainda é incerta.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Santos et al., 2018) a ordem dos Organossolos é definida por apresentar horizonte de constituição orgânica com teor de carbono orgânico (Corg) maior ou igual a 80 g kg⁻¹, e espessura variável para a sua classificação entre 20 e 60 cm. São conceituados como *“solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de resíduos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes de mal a muito mal drenados) ou saturados por água por apenas poucos dias durante o período chuvoso, como em ambientes úmidos e frios de altitudes elevadas.”*

O acúmulo de matéria orgânica pode ocorrer em condições de drenagem livre ou impedida, levando à formação de solos que irão apresentar seções que podem ser classificadas como O ou H, respectivamente. Por apresentarem preponderância de características e propriedades decorrentes dos constituintes orgânicos, os Organossolos apresentam diferentes atributos diagnósticos. Assim, os atributos utilizados devem contribuir para: a) diferenciá-los dos solos minerais; b) indicar seu potencial de modificação quando drenados e, ou, cultivados; c) prever ou identificar a qualidade do substrato mineral e, ou, resíduo mineral; e d) selecionar características diferenciais relevantes para predizer o comportamento diante do uso e manejo agrícola (Anjos et al., 2012).

No nível de subordem, o SiBCS diferencia os Organossolos em três classes (Fólicos, Tiomórficos e Háplicos), de acordo com o ambiente de formação (Figura 1). Os Organossolos Fólicos ocorrem em ambientes de clima úmido, frio e vegetação altomontana, em que as condições de baixa temperatura, distrofismo e elevada acidez favorecem o acúmulo de material orgânico pela redução da atividade biológica. Com relação aos Organossolos Tiomórficos e Háplicos os ambientes de formação correspondem a áreas com hidromorfismo, devido à presença de lençol freático elevado durante grande parte do ano. As condições anaeróbicas nesses ambientes restringem os processos de decomposição da matéria orgânica, conduzindo à acumulação expressiva de resíduos vegetais, sendo formados pelo processo pedogenético de paludização (Schaetzl e Anderson, 2005; Kämpf e Curi, 2012). Nessas condições, os Organossolos são classificados como Tiomórficos, quando associados ao processo de sulfidização/sulfurização (Fanning e Fanning 1989, Kämpf e Curi, 2012) ou Háplicos, aqueles formados em ambientes hidromórficos sem a presença do tiomorfismo.

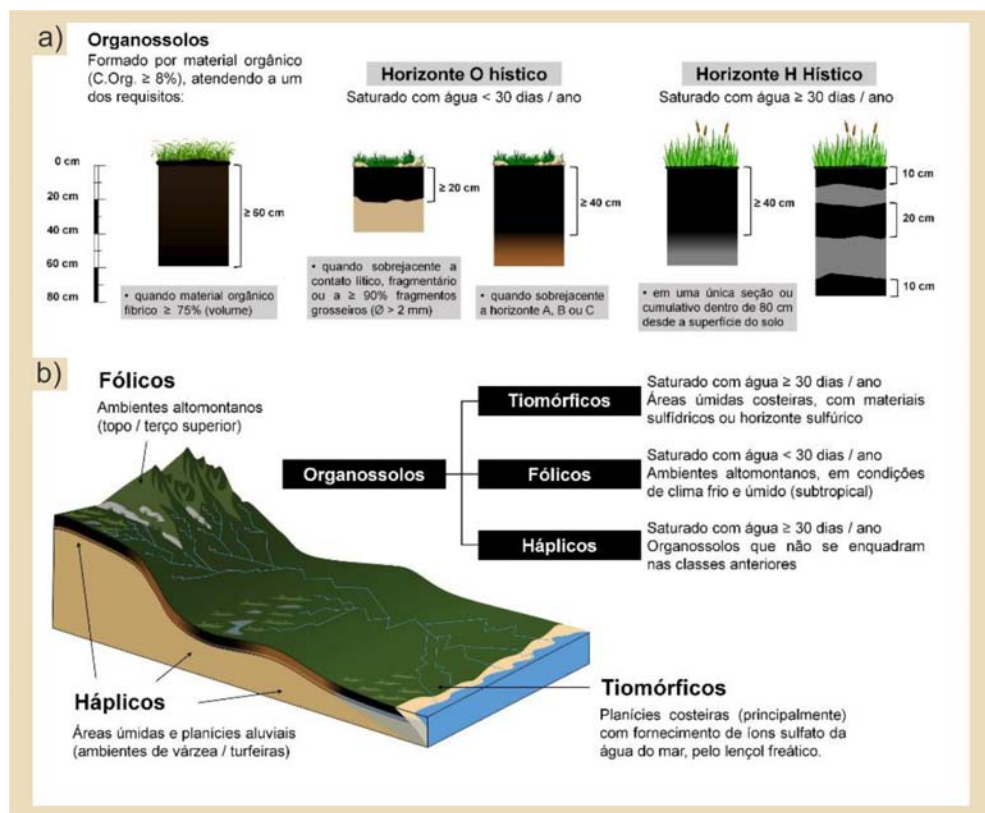


Figura 1. Caracterização do horizonte hístico (a) e critérios de classificação dos Organossolos (b) no SiBCS. Fonte: Silva Neto (2022).

De forma distinta dos solos minerais, os Organossolos tem sua origem a partir de materiais orgânicos, consequentemente há maior influência destes nas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mecânicas. Os materiais orgânicos depositados em distintos ambientes têm composição, grau de resistência à transformação e mineralização e teores de minerais bastante variáveis (Pereira et al., 2005), o que irá determinar as propriedades dos Organossolos. Em condições naturais esses solos ou os depósitos de turfa constituem importante reservatório de carbono no solo. No Brasil, predominam condições tropicais e é frequente a associação dos Organossolos com ambientes hidromórficos. Condições de acúmulo de matéria orgânica em ambiente de boa drenagem, devido à presença de baixas temperaturas, são raras. De acordo com Oliveira & van den Berg (1996), perfis de Organossolos com essas características são observados com maior frequência em regiões montanhosas e frias nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Segundo Valladares (2003), a maior parte das áreas de Organossolos no Brasil é observada entre 0 e 20 m de cota em relação ao nível médio do mar.

O objetivo deste capítulo é abordar a diversidade pedológica da região do estado do Rio de Janeiro apresentando um panorama dos diferentes tipos de Organossolos ocorrentes, a relação solo-paisagem, as principais características físicas e químicas dos solos, além de feições morfológicas típicas, suas limitações de uso agrícola e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

Os solos orgânicos são formados a partir de materiais depositados em condições que favorecem o acúmulo de material vegetal por excessiva umidade, baixo pH ou disponibilidade de nutrientes, escassez de O₂ e baixas temperaturas, conduzindo à redução da intensidade dos processos de mineralização e de decomposição. Nesses solos, o material de origem está intensamente associado ao fator organismos (vegetação), que influencia a gênese de forma distinta dos solos minerais, sendo os resíduos vegetais a principal fonte de matéria orgânica para a sua formação.

O tipo e quantidade de material orgânico acumulado dependem da fonte (espécies vegetais) e das taxas de deposição e decomposição, sendo esta última influenciada pela disponibilidade de oxigênio e pelas condições climáticas, relacionadas com os fatores clima e relevo. Gerações consecutivas de vegetais transformam-se em turfa, sendo os materiais empilhados em camadas, com variações nas propriedades físicas e químicas em função da composição vegetal, do grau de decomposição e da quantidade de matéria orgânica (Garcia, 1996; Ebeling et

al., 2011).

A gênese de Organossolos está relacionada a sistemas geomorfológicos, processos climáticos globais e condições ecológicas em que o aporte de resíduos orgânicos é maior que a taxa de decomposição (Pereira et al., 2005). O alto conteúdo de água no solo, baixas temperaturas, elevada acidez, condição anaeróbica, baixo potencial redox e o efeito inibidor dos ácidos orgânicos favorecem o acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, a formação desses solos. Em ambiente tropical, o acúmulo de materiais orgânicos se dá, principalmente, em condições de insuficiente oxigenação, em áreas planas e baixas, como em planícies costeiras, deltas, meandros abandonados, ambiente lagunar, áreas de surgência e depressões no terreno.

Existem dois processos pedogenéticos específicos relacionados à formação de solos orgânicos (Figura 2). Um deles é o processo de paludização, o qual tem início através da deposição de restos vegetais e animais que durante um tempo se acumulam preenchendo, ainda que lentamente, uma depressão qualquer. Por se caracterizar pelo preenchimento de depressões em uma sucessão de eventos, alguns autores consideram a paludização um processo mais geogênico do que pedogênico, que conduz a deposição e acumulação de materiais orgânicos que formam as turfas, que, por sua vez, constituem o material de origem para a gênese dos Organossolos (Pereira et al., 2005).

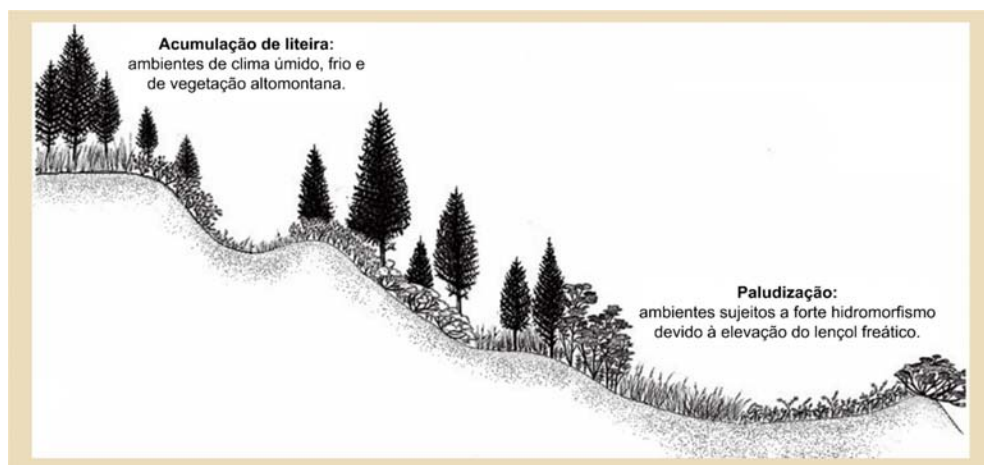


Figura 2. Ambientes associados aos processos de acumulação de matéria orgânica e formação de turfas. Fonte: Adaptado de Clark (1995).

Do ponto de vista da pedogênese, Organossolos em condições de hidromorfismo são formados pelo processo pedogenético específico de paludização (Fan-

ning e Fanning, 1989; Schaetzl e Anderson, 2005; Kampf e Curi, 2012). A acumulação de materiais orgânicos se dá em condições em que há produção de material vegetal, em uma situação "clímax" com constante deposição de serapilheira, troncos, galhos, folhas, raízes, etc. e em que a decomposição dos restos vegetais é retardada por: baixas temperaturas, persistência de saturação por água no perfil de solo, extrema acidez ou escassez de nutrientes (oligotrofismo), e, ou, altas concentrações de sais ou toxinas orgânicas. Kampf e Curi (2012) denominam o processo de acumulação da matéria orgânica bruta pela redução do teor de O_2 e, portanto, pela inibição da atividade de organismos aeróbicos, de paludização (Figura 3). O processo pedogenético que resulta na formação dos Organossolos se inicia com a drenagem parcial dos depósitos de matéria orgânica bruta, que constituem o principal material de origem desses solos.

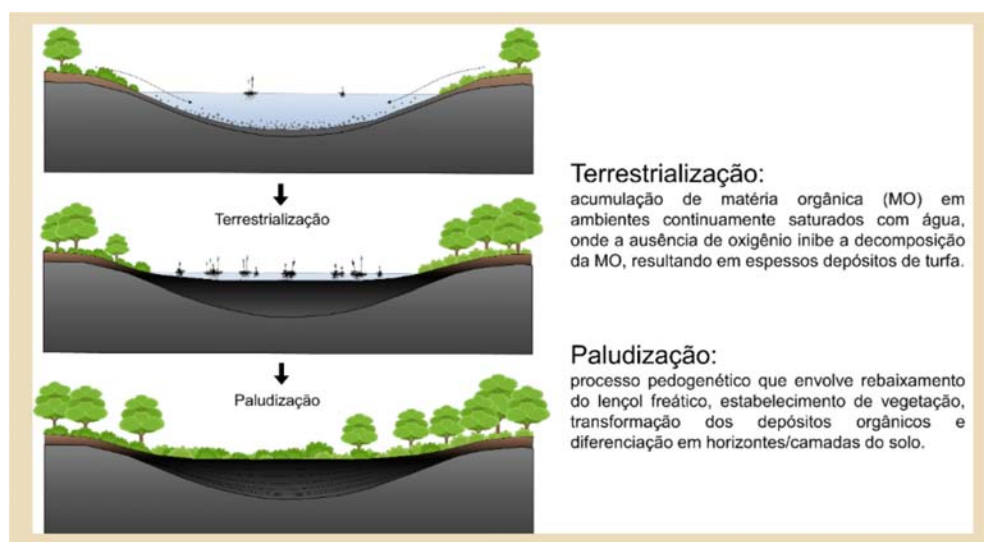


Figura 3. Processos de formação dos Organossolos em ambientes hidromórficos. Fonte: Adaptado de Silva Neto et al. (2019).

Estudando solos nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e da Serra do Espinhaço, Benites et al. (2007) ressaltam o domínio de solos rasos, de textura arenosa, com caráter oligotrófico e altos teores de alumínio trocável. Neste ambiente alguns solos foram classificados como Organossolos. Segundo os mesmos autores, os elevados teores de Al^{3+} favorecem o acúmulo de material orgânico, devido ao efeito negativo na população de microrganismos.

No caso dos Organossolos Fólicos, formados pela acumulação de matéria orgânica em condições de drenagem livre, alguns autores associam sua formação à

acumulação de liteira ("littering") (Kampf e Curi, 2012). No entanto, esse processo ainda não se encontra tão claramente definido em comparação aos que são observados para as outras classes de Organossolos. Apesar da gênese diferenciada e da sua importância no contexto da manutenção dos processos nos ecossistemas altomontanos, dinâmica do carbono e do nitrogênio, e proteção ambiental de bacias hidrográficas, notadamente são poucos os trabalhos que relatam sua ocorrência (Silva Neto, 2022). São necessários estudos que avaliem a natureza do material orgânico desses solos, a dinâmica da sua decomposição, oxidação e mineralização, bem como suas características químicas e estruturais.

No estado do Rio de Janeiro, esses solos podem ser observados em posições distintas da paisagem, a saber: a) nas partes baixas em condições de hidromorfismo, por vezes associadas a influência marinha sendo verificados os Organossolos Háplicos e/ou Organossolos Tiomorficos, e b) nas partes altas de paisagem em condições de má drenagem (Organossolos Háplicos) ou em ambientes altomontanos associados a condições de boa drenagem, contribuindo para a formação de Organossolos Fólicos.

3 Relação solo – paisagem

No Estado do Rio de Janeiro, devido à grande variação de condições ambientais condicionadas principalmente pelo relevo, são encontradas diferentes classes de Organossolos. Silva Neto (2022) relata a ocorrência destes solos em ambientes altomontanos no Rio de Janeiro. Segundo o autor, esses solos são formados por acumulação de serapilheira (resíduos da vegetação) e podem ocorrer em dois pedoambientes: (i) diretamente sobre rochas nos campos de altitude, pelos processos de adição e transformação da serapilheira, que constituem o principal material parental desses solos; e (ii) em florestas altomontanas, com horizontes hísticos formados sobre horizontes minerais. Em ambos os casos, o clima frio e úmido e a vegetação (organismos) são os principais fatores de formação, não apenas reduzindo a decomposição da matéria orgânica, mas influenciando as propriedades físicas e químicas dos solos.

Soares et al. (2016) também descreveram Organossolos em ambiente altomontano no Rio de Janeiro e relataram que as condições topográficas locais determinaram a diferenciação dos solos e influenciaram a pedogênese. Tais condições promoveram um efeito direto através das características climáticas e de drenagem e um efeito indireto sobre a decomposição da matéria orgânica do solo.

Com relação aos Organossolos em ambientes hidromórficos, na Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro, condições especiais de clima e paisagem le-

vam a formação de um ambiente de elevada salinidade e de domínio de vegetação xeromórfica. Neste ambiente, Ibraimo et al. (2004) identificaram Organossolo Háplico Sáprico sálico com alta concentração de ácidos húmicos e humina, condições de elevada acidez e pH em água de 2,4, juntamente com altos teores de Na^+ e Mg^{+2} . Os autores concluíram que o Organossolo encontrado no município de Arraial do Cabo é um solo com características herdadas, na forma de acumulação turfosa, gerada em ambiente pretérito de mangue, salinizado pela aridez crescente com a formação da laguna. Ainda, Prada-Gamero et al. (2004) caracterizaram Organossolos Tiomórficos em área de mangue do Rio Iriri no Canal de Bertioga (Santos - SP), que apresentaram evidências de condições hidromórficas, halomórficas e sulfato redutoras, favorecendo a presença de Fe^{2+} e S^0 livres na solução do solo bem como a formação de pirita (FeS_2).

Em escala nacional, a distribuição dos Organossolos em relação à altitude foi estudada por Valladares (2003), em perfis de levantamentos de solos e trabalhos científicos de várias regiões do Brasil. O autor destaca a alta frequência de Organossolos nas cotas baixas, iguais ou inferiores a 20 m, em planícies litorâneas, ambientes com drenagem impedida no litoral brasileiro. Muitos desses solos recebem influência marinha, podendo apresentar materiais sulfídricos e salinidade. A partir de 1.000 m até as cotas superiores a 2.000 m, os Organossolos são formados em ambientes altomontanos de clima frio e com boa drenagem, com variações na composição química do complexo sortivo em função do material de origem e da natureza da vegetação.

Em síntese, a formação de solos orgânicos ocorre quando a produção de biomassa das plantas excede a decomposição, devido às fortes condições limitantes da atividade de microrganismos. Essa condição está intrinsecamente relacionada à relação solo-paisagem, seja pelas condições permanentes (ou quase permanentes) de saturação por água (baixa disponibilidade de oxigênio) e/ou baixas temperaturas, elevada precipitação pluviométrica e várias propriedades físicas e químicas, como baixo teor de nutrientes ou pH baixo (Martini et al., 2006). A vegetação das turfeiras é tipicamente composta de musgos e plantas altamente eficientes na captação e preservação de nutrientes. Algumas investigações sugerem que esse esgotamento ativo de nutrientes pela vegetação ajuda a criar um ambiente altamente ácido, o que impede a colonização por espécies vegetais mais exigentes (Chesworth et al., 2006).

4 Dados Pedológicos

4.1 Organossolos Fólicos

São solos que estão saturados por água, no máximo por 30 dias consecutivos por ano, durante o período mais chuvoso, com horizonte O hístico apresentando espessura ≥ 40 cm ou mais quando sobrejacente a horizontes A, B e/ou C, ou espessura ≥ 20 cm, quando sobrejacente a um contato lítico ou lítico fragmentário ou a um horizonte e/ou camada constituído por 90% ou mais (em volume) de material mineral com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) (Santos et al., 2018). Predominantes em ambientes de clima úmido, frio e de vegetação altomontana, as condições de baixa temperatura favorecem o acúmulo de material orgânico pela redução da atividade biológica. Nesses ambientes, as condições de distrofismo e elevada acidez podem também restringir a transformação da matéria orgânica (Figura 4).

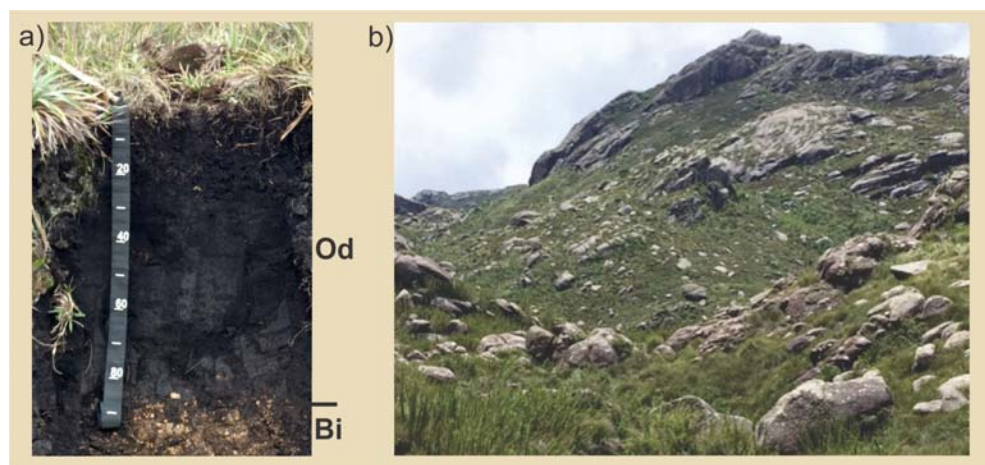


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Organossolo Fólico no Parque Nacional de Itatiaia - RJ. Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

Em zonas tropicais, nos chamados ambientes altomontanos, a formação de horizontes orgânicos ocorre pela acumulação de resíduos vegetais, seguida pelos processos de humificação (transformação da matéria orgânica bruta em húmus) e decomposição (conjunto de reações químicas, físicas e biológicas) (Kampf e Curi, 2012). Apresentam horizonte O hístico formado a partir de materiais depositados em condição de drenagem livre (saturados por água por menos de 30 dias consecutivos no período das chuvas), sem estagnação de água, condicionados,

sobretudo, pelo clima úmido, frio e de vegetação altomontana. Neste caso, o principal processo pedogenético é a adição de resíduos vegetais, sendo fatores determinantes a composição florística e o clima úmido com temperaturas mais baixas, influenciadas pela condição de elevada altitude (Pereira et al., 2005). Organossolos Fólicos apresentam espessura variável e podem ser encontrados em áreas de campos de altitude ou mesmo em florestas altomontanas, sendo predominantemente sápricos devido às condições de boa drenagem que favorecem a humificação da matéria orgânica (Quadro 1).

Quadro 1. Dados físicos e químicos de um Organossolo Fólico Sáprico típico. Dados extraídos de Silva Neto (2022).

Horizontes	Profundidade (cm)	Testes de caracterização para Organossolos*				Teste de von Post
		% Fibras N Esf.	% Fibras Esf.	MO%	IP	
Od1	0-8	27	17	51,1	3/3	sáprico
Od2	8-24	16	10	49,0	3/3	sáprico
Od3	24-65	15	7	49,4	3/3	sáprico
Od4	65-78	14	7	45,6	3/2	sáprico

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Od1	4,94	0,6	1,1	0,81	0,70	11,6	8,3	23,1
Od2	5,06	0,6	1,2	0,77	0,66	12,3	7,9	23,4
Od3	5,08	0,6	1,1	0,81	0,70	12,2	7,8	23,2
Od4	5,07	0,6	1,2	0,73	0,54	11,7	7,9	22,7

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Od1	72	14	4	329,7
Od2	71	14	3	319,4
Od3	71	14	2	323,2
Od4	72	14	1	305,5

*Testes para caracterização de Organossolos (Lynn et al., 1974). von Post – teste de campo para avaliação do grau de decomposição do material orgânico e classificação como fíbrico, hêmico ou sáprico. IP – índice de pirofosfato (determinação da solubilidade em pirofosfato de sódio).

4.2 Organossolos Tiomórficos

Organossolos Tiomórficos são aqueles que apresentam materiais sulfídricos em um ou mais horizontes ou camadas ou horizonte sulfúrico, ambos dentro de 100 cm a partir da superfície do solo. O processo de sulfidização resulta na acumulação de sulfetos (materiais sulfídricos) em solos e sedimentos costeiros submersos (áreas de mangues) em contato com a água do mar que contém sulfatos (Fanning e Fanning, 1989). Em síntese, microrganismos presentes em ambientes anaeróbios usam o sulfato como receptor de elétrons na oxidação da matéria orgânica, reduzindo-o a sulfeto. O processo de sulfurização ocorre quando materiais que contêm sulfetos (pirita) são expostos a condições oxidantes, tal como na drenagem de sedimentos e solos para uso agrícola (Figura 5), na drenagem de solos originados de sedimentos marinhos, na exposição de sedimentos constituídos por piritas, por mineração ou por dragagem e na incorporação de rejeitos com sulfetos ao solo (Kampf e Curi, 2012).

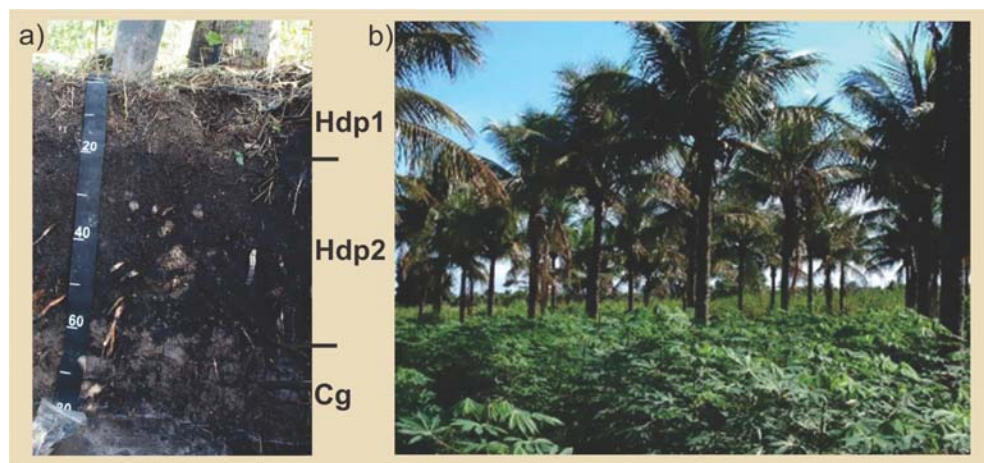


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Organossolo Tiomórfico na Baixada Fluminense Rio de Janeiro. Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

Organossolos Tiomórficos apresentam materiais que contêm compostos de enxofre oxidáveis, localizados em áreas encharcadas. Materiais sulfídricos se acumulam no solo ou em sedimento permanentemente saturado, geralmente com água salobra. Os sulfatos na água são reduzidos biologicamente a sulfetos à medida que os materiais se acumulam. Materiais sulfídricos muito comumente estão associados aos alagadiços costeiros e às proximidades da foz de rios que transportam sedimentos, mas podem ocorrer em alagadiços de água fresca se houver

enxofre na água. Materiais sulfídricos de áreas altas podem ter sido acumulado de maneira similar em períodos geológicos passados. Se um solo contendo materiais sulfídricos for drenado ou se os materiais sulfídricos forem expostos de alguma outra maneira às condições aeróbicas, os sulfetos oxidam-se e formam ácido sulfúrico (Santos et al., 2018). O valor de pH, que normalmente está próximo da neutralidade antes da drenagem ou exposição, pode ser reduzido para valores abaixo de 3,0 (Quadro 2).

Quadro 2. Dados físicos e químicos de um Organossolo Tiomórfico Sáprico típico. Dados extraídos de Santos (2020).

Horizontes	Profundidade (cm)	Testes de caracterização para Organossolos*				Teste de von Post
		% Fibras N Esf.	% Fibras Esf.	MO%	IP	
Hdp1	0-16	17	10	31,1	3/2	sáprico
Hdp2	16-57	12	5	29,0	3/2	sáprico
Cg	57-75	-	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Hdp1	3,67	3,3	11,9	0,05	0,01	19,2	0,5	34,9
Hdp2	3,89	0,8	2,1	0,09	0,04	12,3	0,9	20,2
Cg	3,39	0,4	0,4	0,04	0,02	18,1	0,4	18,1

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Hdp1	4	44	8	115,7
Hdp2	5	15	3	104,0
Cg	0	0	1	56,4

*Testes para caracterização de Organossolos (Lynn et al., 1974). von Post – teste de campo para avaliação do grau de decomposição do material orgânico e classificação como fibrico, hêmico ou sáprico. IP – índice de pirofosfato (determinação da solubilidade em pirofosfato de sódio).

4.3 Organossolos Háplicos

Organossolos Háplicos (Figura 6) são formados a partir de materiais depositados sob condições de excesso de água, por longos períodos ou por todo o ano, ainda que, no presente, tenha sido artificialmente drenados. Diferindo dos

Organossolos Tiomórficos, não apresentam materiais sulfídricos em um ou mais horizontes ou camadas ou horizonte sulfúrico (Santos et al., 2018). O acúmulo de materiais orgânicos na formação destes solos se dá, principalmente, sob condições de insuficiente oxigenação, em áreas planas e baixas, como em planícies costeiras, deltas, meandros abandonados, ambiente lagunar, áreas de surgência e depressões no terreno. O relevo tem forte influência na acumulação de resíduos vegetais, determinando a colonização por plantas adaptadas a ambientes saturados por água, várzeas alagadiças ou depressões pantanosas (banhados, brejos).

Em um processo de sucessão vegetal, grupos de plantas adaptadas a graus distintos de umidade se estabelecem nas margens e na parte central de corpos d'água, submergem e morrem, em razão de variações no nível da água. Às massas vegetais depositadas nos fundos das depressões juntam-se também sedimentos minerais oriundos dos terrenos a montante ou depósitos fluviais. Diferentes sequências de plantas depositadas com o decorrer do tempo fazem com que a constituição das sucessivas camadas se modifique com a profundidade. A insuficiente circulação de O_2 resulta na lenta decomposição da matéria orgânica, fazendo com que esta se acumule (Pereira et al., 2005).

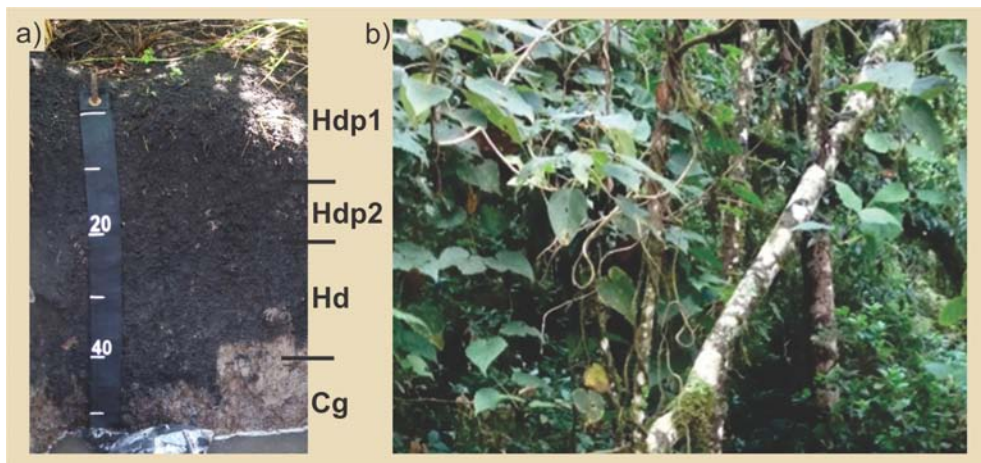


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Organossolo Háplico no Rio de Janeiro. Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

Organossolos Háplicos são os mais comuns no território brasileiro. Por ocorrerem preenchendo depressões (lagos, lagoas, meandros entre outros), alguns autores consideram como um processo geogênico, mais do que pedogênico, relacionado à deposição e acumulação de turfas, que resulta na gênese dos Organossolos. Pereira et al. (2005) relaciona os depósitos orgânicos aos eventos de

transgressão e regressão, no entanto, esclarece que a deposição do material ocorreu em diferentes topografias: como em redes de drenagem em zonas baixas que separam os terraços pleistocênicos dos holocênicos e na parte inferior dos vales entalhados na Formação Barreiras. Esses sedimentos foram depositados em antigas lagunas, que evoluíram para pântanos, onde se desenvolveram importantes depósitos de turfa. Dados físicos e químicos de um Organossolo Háplico são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Dados físicos e químicos de um Organossolo Tiomórfico Sáprico típico. Dados extraídos de Santos (2020).

Horizontes	Profundidade (cm)	Testes de caracterização para Organossolos*				Teste de von Post
		% Fibras N Esf.	% Fibras Esf.	MO%	IP	
Hdp1	0-12	12	8	21,1	3/3	sáprico
Hdp2	12-20	10	4	19,0	3/3	sáprico
Hd	20-44	8	6	19,4	3/3	sáprico
Cg	44-76	-	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Hdp1	4,72	4,5	9,0	0,04	0,01	15,1	0,6	29,2
Hdp2	4,94	4,1	7,7	0,04	0,01	14,8	0,9	27,6
Hd	4,40	3,4	6,5	0,01	0,01	13,6	1,5	24,9
Cg	3,75	1,6	4,5	0,00	0,01	3,7	7,9	17,8

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Hdp1	12	46	2	108,3
Hdp2	13	43	2	111,7
Hd	14	40	2	101,2
Cg	21	34	1	65,3

*Testes para caracterização de Organossolos (Lynn et al., 1974). von Post – teste de campo para avaliação do grau de decomposição do material orgânico e classificação como fibrício, hêmico ou sáprico. IP – índice de pirofosfato (determinação da solubilidade em pirofosfato de sódio).

5 Feições morfológicas típicas

A caracterização distinta de solos com altos teores de matéria orgânica destaca atributos que podem indicar diferenças em relação aos solos denominados minerais. Os resíduos vegetais depositados e/ou adicionados ao solo passam por processos de alteração que incluem a decomposição e a humificação que podem ser observadas em diferentes graus. Para sua determinação são utilizadas informações qualitativas sobre o comportamento do material durante o seu manuseio.

Dentre essas características, observa-se a cor do líquido extraído, a quantidade de material que sai entre os dedos quando a mão é fechada, a natureza das fibras vegetais e a proporção do resíduo da amostra original pelos graus de decomposição do material orgânico segundo von Post (Fontana et al., 2017). A escala de von Post é utilizada para identificar o estágio de decomposição que os resíduos vegetais se encontram no solo. Essa escala é composta por 10 estágios de decomposição da matéria orgânica, que são agrupados nas classes: fíbrico, hêmico e sáprico (Figura 7). Como forma complementar, o grau de alteração do material orgânico pode ser inferido pela avaliação do teor de fibras (Figura 8) e pela avaliação do índice de pirofossato (Figura 9).

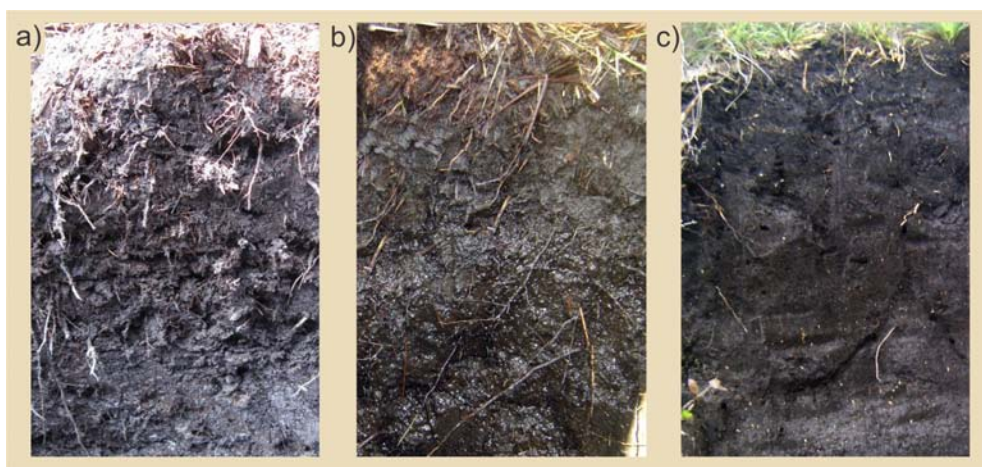


Figura 7. Organossolos do Estado do Rio de Janeiro - RJ formados por material orgânico fíbrico (a) hêmico (b) e sáprico (c). Fonte: Marcos Gervasio Pereira.

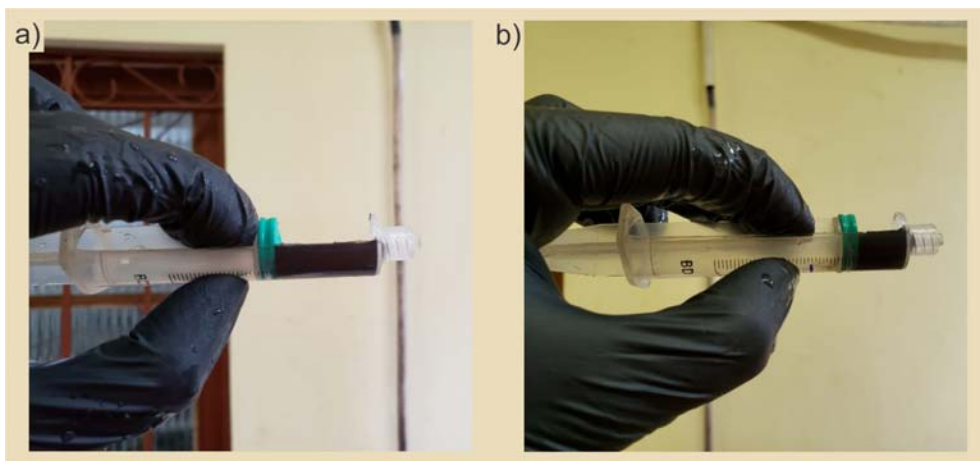


Figura 8. Determinação do teor de fibras esfregadas antes (a) e após (b) contração do material na seringa. Fonte: Otavio Augusto Queiroz dos Santos.

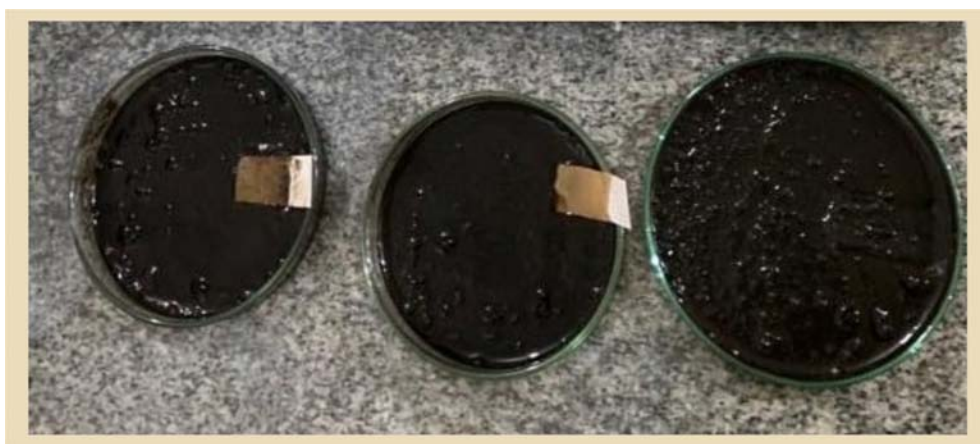


Figura 9. Determinação do grau de decomposição pelo método de índice de pirofosfato (IP). Fonte: Carlos Wagner Junqueira.

Com relação às demais feições morfológicas, os Organossolos geralmente apresentam estrutura granular ou em blocos subangulares, de tamanho variado e grau de desenvolvimento moderado ou forte (Pereira et al., 2005), transições difusas entre os horizontes ou camadas orgânicas e claras entre horizontes orgânicos e minerais. Adicionalmente também podem ser observados mosqueados que decorrentes da oxidação da pirita e formação de jarosita (Figura 10).



Figura 10. Estrutura granular (seta branca) e coloração amarelada/laranja decorrente da presença de jarosita (seta vermelha). Fonte: Eduardo Carvalho da Silva Neto.

6 Limitações de uso agrícola

A interferência antrópica em ecossistemas altamente frágeis, como as áreas de ocorrência dos Organossolos, pode levar a mudanças na dinâmica da matéria orgânica, levando à emissão de gases de efeito estufa e perda de serviços ecossistêmicos. Práticas inadequadas de uso e manejo do solo interferem no equilíbrio natural dos processos físicos, químicos e biológicos dos Organossolos, acelerando as perdas de matéria orgânica e outros nutrientes. A drenagem, quando realizada de forma inadequada, pode levar a uma diminuição do volume do solo e redução do conteúdo de carbono, num processo que contribui para a degradação destes solos, denominado de subsidência (Pereira et al., 2005), alterando assim atributos químicos e as relações entre as substâncias húmicas da matéria orgânica.

Estima-se que as perdas por subsidência decorrente do uso agrícola dos Organossolos sejam da ordem de 60% (destes 85% são devidos à oxidação) logo após a drenagem, e as perdas nos anos subsequentes pela secagem irreversível ou pelo encolhimento sejam de 40% (Price et al., 2003). Incrementos na tempe-

ratura regional aceleram as taxas de oxidação microbiana levando a emissão de altas quantidades de CO₂ e aumentando a subsidência dos solos orgânicos (Chow et al., 2006; Grønlund et al., 2008). Foi estimada que a subsidência de cada centímetro de turfa tropical leva a emissão de 13 Mg de CO₂ por hectare ano⁻¹ (Wösten et al., 1997). Para solos orgânicos cultivados na Suécia, Kasimir-Klemdtsson et al. (1997) reportaram perdas de 70 Mg de CO₂ por hectare ano⁻¹. Embora este valor seja elevado, outros estudos têm relatado taxas menores como as perdas de 22 Mg de CO₂ por hectare ano⁻¹ (Grønlund et al., 2008). Estas não diferem muito das taxas obtidas por Maljanen et al. (2001), com perdas de 15 a 27 Mg de CO₂ por hectare ano⁻¹ em solos orgânicos da Finlândia.

Nos Organossolos saturados por água, em ambiente de redução, apesar deste ambiente favorecer o acúmulo de matéria orgânica, também ocorre a formação de um importante gás, o metano (CH₄), que contribui para o aumento de efeito estufa. O tipo de material orgânico nos Organossolos também é de relevância para se estabelecer um modelo de dinâmica de carbono nesses solos. A estrutura química das substâncias húmicas é tão heterogênea que causa grande estabilidade das moléculas, pois são necessárias várias e diferentes enzimas para a sua decomposição, fazendo com que uma grande e variável população de microorganismos seja necessária para decompor uma única parte dos compostos orgânicos. Portanto, Organossolos com características mais sápricas (mais decompostos) tendem a ser mais resistente aos processos de degradação microbiológica em comparação aos mais fibricos, apresentando diferentes taxas de decomposição no decorrer do tempo (Pereira et al., 2005).

No caso dos Organossolos em ambientes costeiros, uma outra limitação consiste em uma característica inerente à gênese do solo. Para os Organossolos Tiomórficos, recomenda-se antes de qualquer tipo de utilização a identificação da ocorrência do tiomorfismo (presença do horizonte sulfúrico), sendo também necessária a determinação da sua profundidade quando este estiver presente. Drenagens realizadas em profundidades além deste horizonte podem propiciar uma intensa acidificação do solo, valores de pH inferiores a 3,5, que podem desfavorecer o desenvolvimento do sistema radicular da maior parte das culturas agrícolas, propiciando redução na produção. Esse processo é conhecido como sulfidização e sulfurização e ocorre quando materiais que contém sulfetos (pirita - FeS₂) são expostos a condições oxidantes, tal como drenagem de sedimentos e solos em áreas de mangue, na drenagem de solos originados de sedimentos marinhos (Kampf e Curi, 2012). Essa é uma condição extremamente limitante ao uso agrícola, pois não existe correção que seja economicamente viável.

Além da grande relevância no ciclo do carbono, os depósitos de turfa, área de

ocorrência de Organossolos, tendem a apresentar elevados teores de nitrogênio total. Porém, em muitos casos este elemento pode não estar biodisponível. Andriesse (1988) cita como fatores que influenciam na disponibilidade de nitrogênio a temperatura, a umidade no solo, aeração e a acidez. Pequenas variações da relação C/N também influenciam nesse fenômeno. Para depósitos de turfa em clima tropical, relações C/N superiores a 16 afetam a disponibilidade do nitrogênio e com isso o desenvolvimento da vegetação (Andriesse, 1988). Em estudo com Organossolos na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Mendonça (1999) verificou que os teores totais de nitrogênio variavam com o teor de matéria orgânica do solo e, de maneira geral, esses teores diminuem em profundidade no perfil.

A decomposição da matéria orgânica dos depósitos de turfa pode apresentar alterações na relação C/N nos diferentes estágios de transformação em materiais sápricos, hêmicos ou fíbricos, decorrentes dos processos de subsidência, contribuindo para modificações nos atributos dos solos. Lynn et al. (1974) utilizaram a variável resíduo mínimo (RM) para avaliar o potencial máximo de subsidência em horizontes ou camadas formadas por material orgânico. O RM se refere a uma espessura remanescente de solo por unidade da medida após subsidência máxima, utiliza-se normalmente cm cm^{-1} para expressar o RM. Tanto a densidade do solo como o resíduo mínimo estão relacionados ao grau de decomposição da matéria orgânica e ao teor de matéria orgânica (Conceição et al., 1999). Os valores de densidade do solo tendem a ser inferiores a uma unidade e em alguns solos podem ser inferiores a $0,15 \text{ Mg m}^{-3}$ (Andriesse, 1988).

Muitos horizontes superficiais de Organossolos quando secos são de difícil reumedecimento. Quanto ao fluxo de água, podem ocorrer zonas preferenciais no processo de infiltração, causadas pelos efeitos de contração com a secagem, que geram fendas no solo, ou por canais feitos por organismos vivos, essa característica pode causar heterogeneidade da umidade do solo. Segundo os autores, a repelência dos Organossolos à água ou hidrofobicidade tende a diminuir com o tempo, isto é, o contato da água com o solo acaba umedecendo-o. O efeito do fogo, natural ou como prática frequente em áreas agrícolas, também pode gerar a hidrofobicidade do solo.

Apesar dessa elevada fragilidade, em muitas regiões os Organossolos oferecem renda a famílias de agricultores em sistemas de produção de culturas de subsistência ou mesmo oleráceas, como no estado do Rio de Janeiro (Santos et al., 2021). Esses agricultores precisam de informações, ferramentas e treinamento para encontrarem as melhores opções de manejo desses solos.

7 Potencial de uso das terras

Na utilização desses solos para finalidades agrícolas devem ser consideradas técnicas voltadas à preservação dos estoques de carbono. Práticas de cultivo que envolvam a drenagem e o revolvimento do solo levam a redução no conteúdo de matéria orgânica por oxidação através da subsidência. Dessa forma, considerando a maior fragilidade dos Organossolos, estudos aprofundados devem ser desenvolvidos para o aprimoramento de práticas de manejo e conservação, considerando a importância desse recurso natural, não renovável (na escala da vida humana) e não substituível. A agricultura sustentável e o manejo dos recursos das terras requerem o conhecimento de suas propriedades e funções em escala apropriada para subsidiar os tomadores de decisão.

As áreas de Organossolos no mundo são normalmente utilizadas para extrativismo, como material combustível nos depósitos de turfa ou veículo para inoculantes ou mesmo para substrato vegetal, além de pastejo extensivo. Entretanto, manejados com intenso investimento de capital esses solos podem se tornar produtivos, para lavouras de ciclo curto ou horticultura. Contudo, vale ressaltar que a drenagem das áreas de turfa favorece o processo de subsidência conduzindo a degradação dos Organossolos. A drenagem pura e simples das áreas de turfa pode levar a uma contração natural com perda de volume de mais de 50%, a drenagem e consequente oxidação, favorece a mineralização da matéria orgânica. Estes solos quando secos podem se inflamar, o que também aumenta o processo de subsidência.

Os Organossolos Fólicos apesar de apresentarem uma menor expressão em comparação as classes dos Tiomórficos e Háplicos possuem uma grande importância por desempenharem serviços ecossistêmicos com destaques para o sequestro de carbono e armazenamento de água para o abastecimento de aquíferos. Adicionalmente associado a esta classe verifica-se a ocorrência de uma fauna e flora endêmica. Esse conjunto de fatores faz com que estes solos devam ser destinados a preservação.

8 Considerações finais

Devido à distribuição limitada no Brasil e à sua importância no contexto da manutenção dos ecossistemas endêmicos, dinâmica do carbono e do nitrogênio, e proteção ambiental de bacias hidrográficas, os Organossolos devem ser considerados sensíveis às mudanças ambientais e muitas vezes destinados à preserva-

ção, em função de sua maior suscetibilidade à degradação. Devido ao acúmulo expressivo de matéria orgânica, representam um estoque de carbono significativo em relação às questões de mudanças climáticas. Sendo assim, a degradação desses solos implicaria diretamente no lançamento de gases de efeito estufa (metano, monóxido e dióxido de carbono) para a atmosfera, além da desestabilização dos ecossistemas associados.

Práticas de cultivo que envolvam a drenagem e o revolvimento do solo afetam negativamente as propriedades dos Organossolos. A implementação de tais práticas no manejo do solo ao longo de duas décadas pode resultar na redução dos estoques de carbono e nitrogênio, principalmente nos horizontes hísticos, mas também nos horizontes glei. As perdas de carbono são relacionadas com a redução do carbono orgânico lábil, que é mais sensível às mudanças ambientais, mesmo em maiores profundidades.

9 Referências

Andriesse JP. Nature and management of tropical peat soils. Rome: FAO, 1988. (FAO Soils Bulletin 59).

Anjos LHC, Jacomine PKT, Santos HG, Oliveira VA, Oliveira JB. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. In: Ker JC, Curi N, Schaefer CEGR, Torrado PV. Pedologia Fundamentos. Viçosa (MG): SBCS, 2012. 303 - 343p.

Benites VM, Schaefer CEGR, Santos HG. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. R. Bras. Bot.; 30:569-577, 2007.

Chow AT, Tanji KK, Gao S, Dahlgren RA. Temperature, water content and wet-dry cycle effects on DOC production and carbon mineralization in agricultural peat soils. Soil Biology & Biochemistry. 38:477-488, 2006.

Fanning DS, Fanning MCB. Soil morphology, genesis, and classification. John Wiley & Sons, New York. 1989.

Fontana A, Soares PF, Anjos LHC, Valladares GS. Solos com altos teores de matéria orgânica. In: Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 426-437

Gronlund A, Hauge A, Hovde A, Rasse DP. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 81:157–167, 2008.

Ibraimo MM, Schaefer CEGR, Ker JC, Lani JL, Rolin-Neto FC, Albuquerque MA, Miranda VJ. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). *R. Bras. Ci. Solo*, 28:695-712, 2004.

IUSS WORKING GROUP WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome: FAO, 192 p. 2015.

Joosten H, Couwenberd J. Peatlands and carbon. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, International Wageningen, 99-117. 2008.

Kampf N, Curi N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: Ker JC, Curi N, Schaefer CEGR, Vidal-Torrado P. (Eds.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207-302.

Kasimir-Klemedtsson A, Klemedtsson L, Berglund K. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management*. 13:245–250, 1997.

Lynn WC, Mckinzie WE, Grossman RB. Field laboratory tests for characterization of Histosols. In: *Histosols: their characteristics, classification, and use*, A. R. Aandahl, S. W. Buol, D. E. Hill, H. H. Bailey (eds.), Soil Sci. Soc. Am., Inc, Madison, Wisconsin, 1974, p.11-20.

Maljanen M, Martikainen PJ, Walden J, Silvola J. CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology*. 7:679–692. 2001.

Pereira MG, Anjos LHC, Valladares GS. Organossolos: Ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: Vidal-Torrado P, Cooper M, Cardoso EJ. (Org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. 4.ed. Viçosa, 2005. p.233-276.

Prada-Gamero RM, Vidal-Torrado P, Ferreira TO. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do Rio Iriri no Canal de Bertioga (Santos, SP). *Rev. Bras. Cien. Solo*. 28:233-243, 2004.

Price JS, Heathwaite AL, Baird AJ. Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: An overview. *Wetlands Ecology and Management*. 11:65–83, 2003.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Almeida JA, Araújo Filho JC, Oliveira JB, Cunha TJF. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Schaetzl R, Anderson S. *Soils - Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, 2005.

Silva Neto EC. Solos orgânicos em ambientes altomontanos no Sudeste do Brasil: formação, classificação e relações com a história da vegetação. 2022. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

Silva Neto EC, Pereira MG, De Araujo Carvalho M, Calegari MR, Pessenda LCR. Palaeoenvironmental records of Histosol pedogenesis in upland area, Espírito Santo State (SE, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 95, 102301. 2019.

Soares PFC, Anjos LHC, Pereira MG, Pessenda LCR. Histosols in an upper montane environment in the Itatiaia Plateau. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 40:1-16, 2016.

United States. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington, DC, 360 p. 2014.

Valladares GS. Caracterização de Organossolos, auxílio a sua classificação. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 129p. (Tese de Doutorado).

Wösten JHM, Ismail AB, Van Wijk ALM. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma*. 78:25–36, 1997.



Solos das chapadas e vales do Seridó Potiguar

José João Lelis Leal de Souza¹.

¹ Universidade Federal de Viçosa

1 Introdução

A Caatinga cobre 11% do território brasileiro (844.453 km²) no nordeste da América do Sul. A Caatinga é a maior unidade do bioma de floresta sazonalmente seca na região Neotropical e é formada por arbustos xéricos e floresta seca que engloba depressões, planaltos e falésias (Fernandes et al., 2020). É o lar de 26 milhões de pessoas (IBGE, 2010) e mais de 2.000 espécies de plantas vasculares, peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos (Werneck et al., 2011; Maia et al., 2015; Prado et al., 2015; Moro et al., 2016; de Queiroz et al., 2017; Muvengwi et al., 2017).

Os solos formados em altitudes abaixo de 400 m nos vales, depressões cristalinas e no planalto da Borborema são rasos e pedogeneticamente menos desenvolvidos do que as regiões tropicais úmidas do Brasil. Os principais processos pedogenéticos nos solos da Caatinga são a formação de argila, elutriação, salinização e sodificação. Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Luvisolos, Cambissolos e Planossolos representam 61% do bioma (Santos et al., 2011).

Fragmentos de floresta semidecidual e floresta úmida abrigados em chapadas rompem a continuidade da Caatinga. Nestes ambientes, chapadas isoladas entre 650 e 700 m de altitude cobrem aproximadamente 10% dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte, com exemplo, o Planalto do Seridó, onde os solos encontrados são classificados como Latossolos Amarelos, Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Pétricos (Santos et al., 2011). Esses solos possuem saturação por bases inferior a 50% e apresentam perfil mais desenvolvido do que os encontrados nas terras baixas.

Este texto abordará, de forma detalhada, os solos e paisagens desta porção do Bioma Caatinga, apresentando a sua diversidade pedológica, aspectos ambientais importantes, limitações e potencial de uso das terras.

2 Caracterização ambiental

A área de estudo abrange a região do Seridó na província da Borborema (Figura 1). As altitudes variam entre 400 m nos vales e 1.100 m em terras altas associadas a rochas resistentes e sistemas horst-graben. A precipitação média varia entre 350 e 700 mm ano⁻¹, com evapotranspiração potencial até quatro vezes maior que a precipitação. A temperatura média de 27 °C destaca a região do Seridó como uma das áreas mais secas do Brasil (Kayano e Andreoli, 2009). Bromeliaceae, Cactaceae, Fabaceae e membros de Poaceae e Cyperaceae são as famílias que dominam a floresta seca (Queiroz et al., 2017).

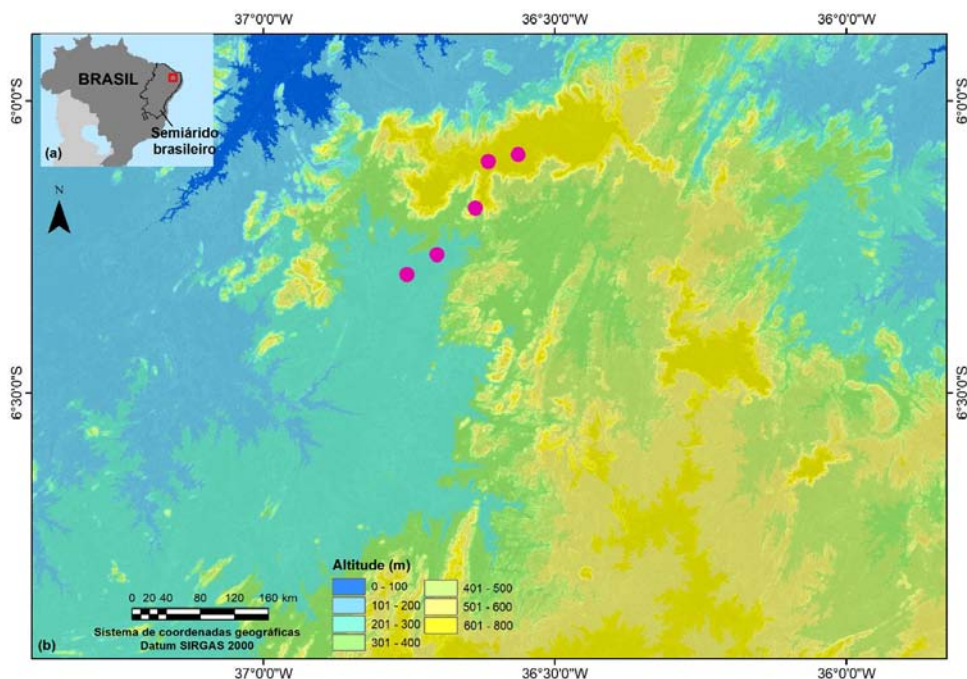


Figura 1. Localização do Bioma Caatinga (a) e da área de estudo (b). Fonte: Do autor.

Uma extensa superfície erosiva desenvolveu-se sobre gnaisse e xisto meso e neoproterozoicos (Nascimento et al., 2015). Inselbergs e afloramentos rochosos, desenvolvidos sobre granitos neoproterozoicos, surgem devido ao intemperismo diferencial pela composição mineralógica ou pré-arranjo de fratura (Figura 2) (Maia e Nascimento, 2018).

Chapadas residuais correspondem ao topo da paisagem (Figura 3). Essas apresentam topos planos com encostas íngremes e cornijas de dezenas de metros que indicam o recuo paralelo de suas encostas (Arai, 2000). Tradicionalmente, áreas elevadas no nordeste do Brasil estão associadas a movimentos tectônicos positivos durante o Cenozoico (Lima e Nolasco, 2015; Maia e Nascimento, 2018). Apesar da história tectônica recente e atormentada do Nordeste do Brasil, não há evidências de encurvamento e ruptura de montanhas (Angelim et al., 2006). Além disso, a coincidência altimétrica dos planos mais elevados sugere que as chapadas são remanescentes de uma antiga superfície aplainada (Ab Saber, 2003), equivalente à superfície sul-americana no sudeste do Brasil.

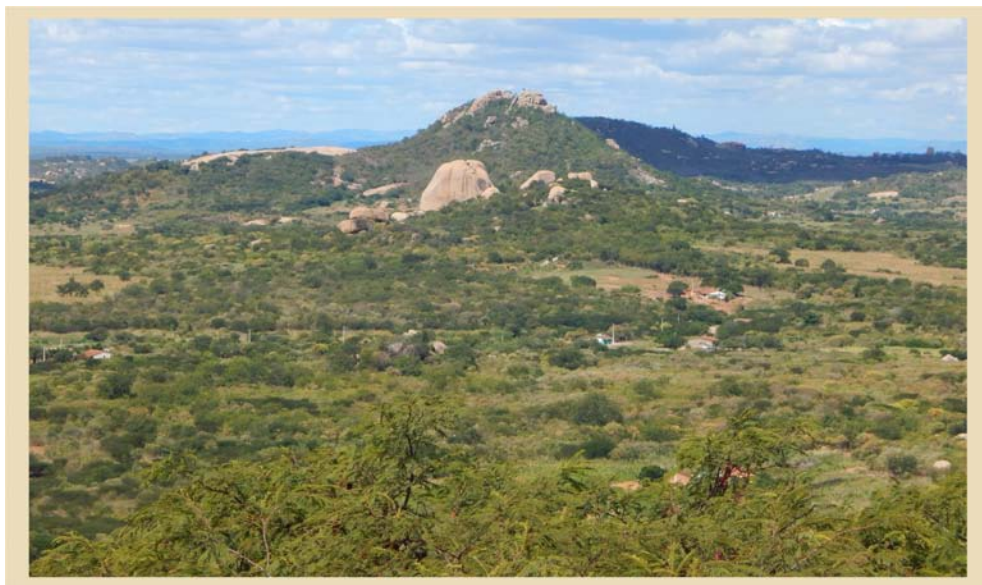


Figura 2. Paisagem típica dos vales e depressões do Seridó Potiguar. Fonte: Do autor.



Figura 3. Paisagem típica das chapadas do Seridó Potiguar. Fonte: Do autor.

3 Relação solo – paisagem

Os Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos ocorrem nos vales e depressões semiáridas, entre 350 e 400 m, desenvolvidas em gnaisses neoproterozóicos, xistos e filitos (Angelim et al., 2006). Latossolos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, derivados de arenitos e canga laterítica paleógenos, ocorrem no topo de chapadas acima de 650 m. Plintossolos Pétricos desenvolvem-se na borda das chapadas, com o afloramento da canga laterítica. Os Planossolos Nátricos, Vertissolos Ebânicos e Neossolos Flúvicos desenvolvem-se nas planícies fluviais cenozóicas entre 250 e 160 m.

Uma topossequência foi construída a partir de cinco perfis amostrados em diferentes litologias (Figura 4), a saber: a) SP1, Neossolo Regolítico derivado de gnaiss; b) SP2, Luvisolo Crômico, derivado de gnaiss; c) SP3, Plintossolo Pétrico, derivado de canga laterítica; d) SP4, Latossolo Amarelo, derivado de arenito, e; e) SP5, Neossolo Quartzarênico, derivado de arenito.

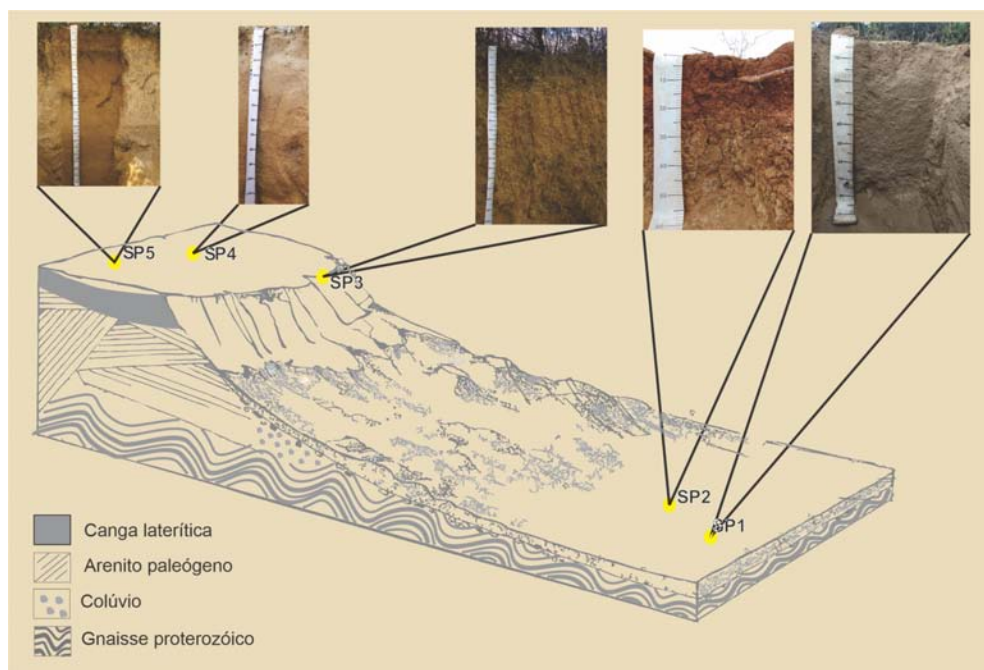


Figura 4. Relação solo – paisagem no Seridó Potiguar. Fonte: Adaptado de Clark (1995).

4 Dados pedológicos

4.1 Neossolos Regolíticos Eutróficos lépticos

São solos pouco profundos (espessura inferior a 100 cm), bem drenados, desenvolvidos a partir de gnaisses, xistos e granitos. Predominam em relevo plano a suave ondulado (Figura 5). Possuem matiz predominantemente amarela, alto valor e alto croma. Apresentam sequência de horizontes A-R ou A-Cr-R. A textura é franca a franco argilosa, com cascalhos, formados por minerais primários e fragmentos de rocha, abundantes em todo o perfil. A estrutura é predominantemente fraca a moderadamente desenvolvida pequena blocos subangulares. O horizonte A fraco é recorrente em função da baixa produção primária e, ou, antropização. A transição para o C ou R geralmente é clara. A camada R apresenta fraturamento abundante. São solos moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, com saturação por bases superior a 80%. Os teores de C, N e P decrescem em profundidade (Quadro 1).

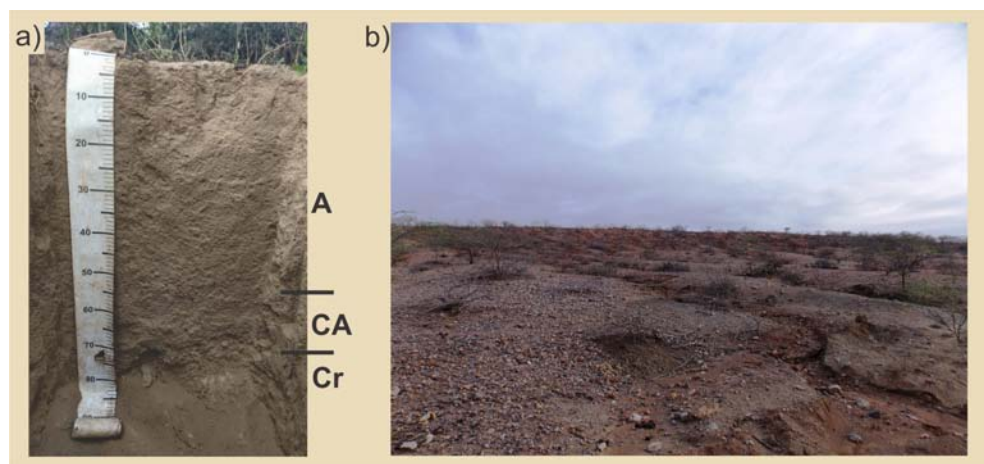


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Regolítico Eutrófico léptico. Fonte: Do autor.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Regolítico Eutrófico léptico. Dados do autor.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-16	431	368	98	103	0,95
A2	16-54	447	364	118	71	1,66
CA	54-70	450	368	97	85	1,14
Cr	70-80	426	354	102	82	1,24
R	80+	-	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	7,4	8,8	2,1	0,79	0,01	0,0	0,0	11,7
A2	7,2	1,7	0,6	0,63	0,00	0,2	0,0	3,2
CA	5,9	1,7	0,9	0,20	0,04	0,3	0,0	3,3
Cr	5,8	2,4	1,4	0,14	0,10	0,2	0,0	4,2
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	0	100	355	17,4
A2	0	94	22	1,4
CA	0	90	5	1,4
Cr	0	95	5	1,4
R	-	-	-	-

4.2 Luvisolos Crômicos Órticos típicos

São solos pouco profundos (espessura inferior a 100 cm), bem drenados, desenvolvidos a partir de gnaisses e xistos. Predominam em relevo suave ondulado a ondulado (Figura 6). Possuem matiz predominantemente vermelha e caráter crômico. Apresentam sequência de horizontes A-Bt-C-R. A textura do horizonte diagnóstico varia entre franco-argiloarenosa a argilosa, com cascalhos, formados por minerais primários e fragmentos de rocha, abundantes em todo o perfil. A estrutura do horizonte Bt é predominantemente moderada média blocos subangulares, blocos angulares e ocasionalmente prismática. O horizonte A fraco é recor-

rente em função da baixa produção primária e, ou, antropização. A transição entre horizontes é geralmente clara. A cerosidade e as superfícies de compressão são raramente observadas, e quando presentes são poucas e fracas. São solos moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos, com saturação por bases superior a 80%. Os maiores teores de C e P concentram-se no horizonte superficial (Quadro 2).

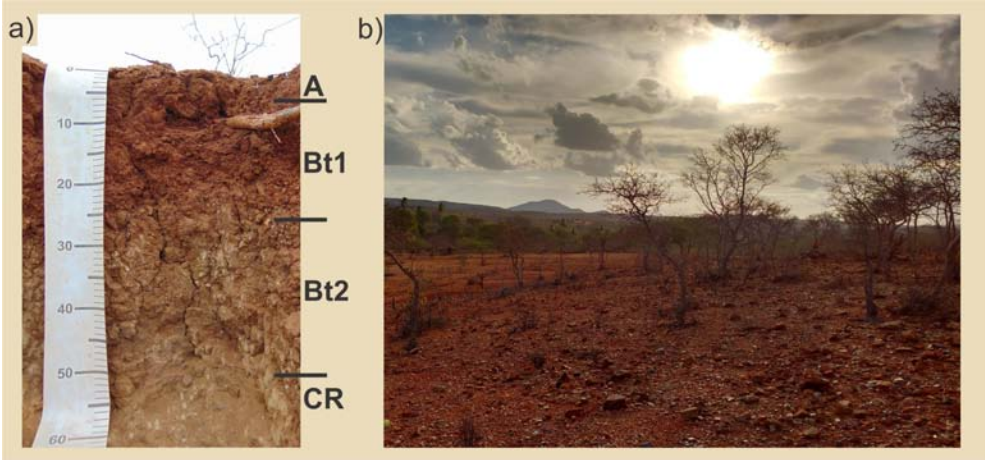


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Luvissole Crômico Órtico típico. Fonte: Do autor.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Luvissole Crômico Órtico típico. Dados do autor.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-3	438	270	177	115	1,53
Bt1	3-27	409	250	169	173	0,97
Bt2	27-50 (25-30)	335	160	272	234	1,16
CR	50-150 ⁺	410	164	171	255	0,67

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	7,2	14,3	4,7	0,84	19,6	1,1	0,0	21,0
Bt1	6,6	22,6	9,2	0,21	49,4	1,5	0,0	33,7
Bt2	6,9	27,1	9,9	0,18	85,1	1,5	0,0	39,0
CR	-	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 2. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	0	95	183	4,7
Bt1	0	96	8	3,9
Bt2	0	96	16	3,4
CR	-	-	-	-

4.3 Plintossolos Pétricos Litoplínticos êndicos

São solos pouco profundos a profundos (ocorrência da camada F entre 50 e 100 cm), apresentando cores avermelhadas. Ocorrem no terço superior das encostas das chapadas (Figura 7), em relevo escarpado, e são derivados de canga laterítica. A textura do horizonte diagnóstico é predominantemente franco-argiloarenosa. A estrutura do horizonte Bf é predominantemente moderada média blocos subangulares. O horizonte A moderado é recorrente. A transição entre horizontes é geralmente clara. São solos extremamente ácidos a moderadamente ácidos, com saturação por bases inferior a 30% e elevada saturação por alumínio. Os maiores teores de C e P concentram-se no horizonte superficial (Quadro 3).

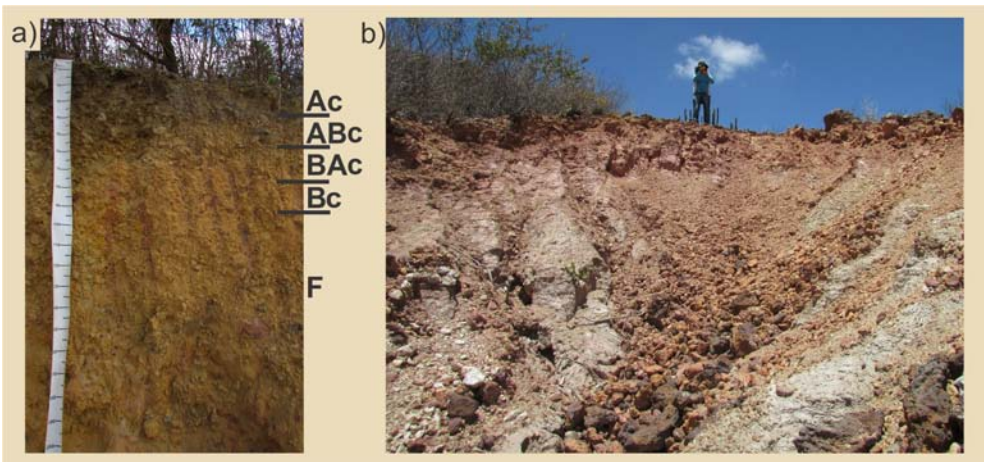


Figura 7. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Plintossolo Pétrico Litoplíntico êndico. Fonte: Do autor.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Plintossolo Pétrico Litoplântico êndico. Dados do autor.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ac	0-15	635	91	38	236	0,16
ABc	15-25	511	106	48	335	0,14
BAc	25-55	426	123	80	372	0,21
Bc	55-65	330	118	86	466	0,18
F	65-220 ⁺	-	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ac	5,1	2,2	0,7	0,15	12,7	3,9	0,2	7,2
ABc	4,7	0,6	0,3	0,07	4,7	2,9	0,8	4,8
BAc	4,5	0,5	0,3	0,08	14,7	3,3	0,9	5,1
Bc	4,5	0,2	0,1	0,05	22,7	3,0	1,6	5,1
F	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ac	1	43	6	16,8
ABc	12	21	3	12,2
BAc	5	17	2	11,5
Bc	6	24	2	11,5
F	-	-	-	-

4.4 Latossolos Amarelos Distróficos psamíticos

São solos muito profundos (espessura superior a 200 cm), bem a excessivamente drenados, desenvolvidos a partir de arenitos e canga laterítica. Predominam em relevo plano a suave ondulado (Figura 8). Possuem matiz predominantemente amarela e alto valor e croma. Apresentam sequência de horizontes A-AB-BA-Bw-C e A-AB-BA-Bw-F. A textura do horizonte diagnóstico varia entre franco arenosa a franco argilosa, com poucos e pequenos cascalhos, formados por petroplintita, em todo o perfil. A estrutura do horizonte Bw é predominantemente moderada média, blocos subangulares. O horizonte A moderado é recorrente. A transição entre horizontes é geralmente gradual. São solos extremamente ácidos a moderada-

mente ácidos, com saturação por bases inferior a 50%. Os maiores teores de C e P concentram-se no horizonte superficial (Quadro 4).

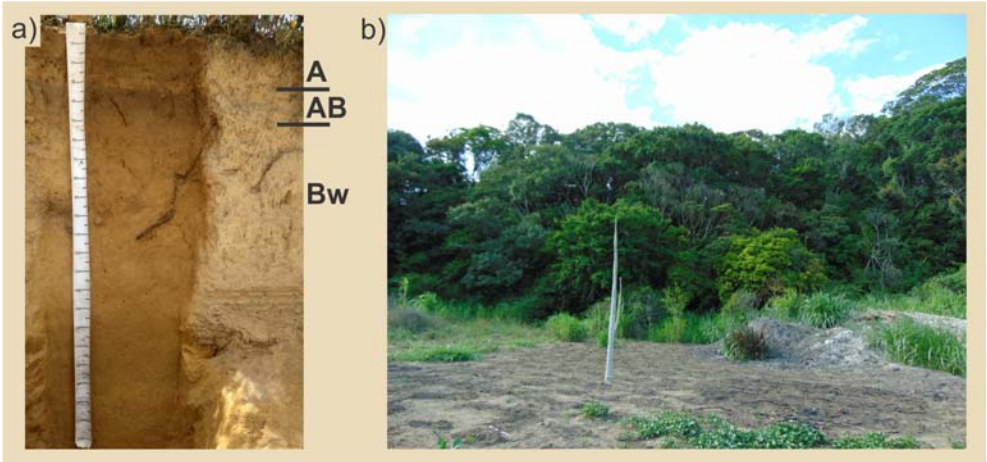


Figura 8. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Amarelo Distrófico psamítico. Fonte: Do autor.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Amarelo Distrófico psamítico. Dados do autor.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0-10	526	210	51	212	0,24
AB	10-30	529	194	38	240	0,16
BA	30-45	572	209	34	185	0,18
Bw1	45-70	607	180	10	204	0,05
Bw2	70-150	521	155	23	302	0,07
Bw3	150-220+	384	209	10	397	0,03

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						CTC _{pH7}
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	
Ap	5,9	2,0	0,5	0	0,58	2,2	<0,1	5,1
AB	5,2	1,1	0,3	0	<0,1	3,0	0,3	4,9
BA	5,2	1,2	0,3	0	0,58	2,3	0,2	4,2
Bw1	4,9	0,8	0,2	0	<0,1	2,2	0,3	3,6
Bw2	4,6	0,7	0,2	0	<0,1	2,1	0,6	3,7
Bw3	4,4	0,5	0,1	0	<0,1	2,3	0,9	3,8

Quadro 4. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ap	3	55	3	12,4
AB	17	33	2	6,2
BA	9	40	2	5,4
Bw1	21	30	1	3,1
Bw2	38	27	1	2,3
Bw3	56	18	1	0,8

4.5 Neossolos Quartzarênicos Órticos latossólicos

São solos pouco profundos a profundos (camada R ocorre entre 100 e 200 cm), bem a excessivamente drenados, desenvolvidos a partir de arenitos. Predominam em relevo plano a suave ondulado (Figura 9). Possuem matiz predominantemente amarela. Apresentam sequência de horizontes A-AC-CA-C-R e A-C-R. A textura do horizonte C varia entre areia a franco-argiloarenosa, com poucos e pequenos cascalhos, formados por petroplintita, em todo o perfil. A estrutura do horizonte C é predominantemente fraca, pequena, blocos subangulares, maciça ou grãos simples. O horizonte A moderado é recorrente. A transição entre horizontes é geralmente clara ou gradual. São solos extremamente ácidos a moderadamente ácidos, com saturação por bases inferior a 30%. Os maiores teores de C e P concentram-se no horizonte superficial (Quadro 5).

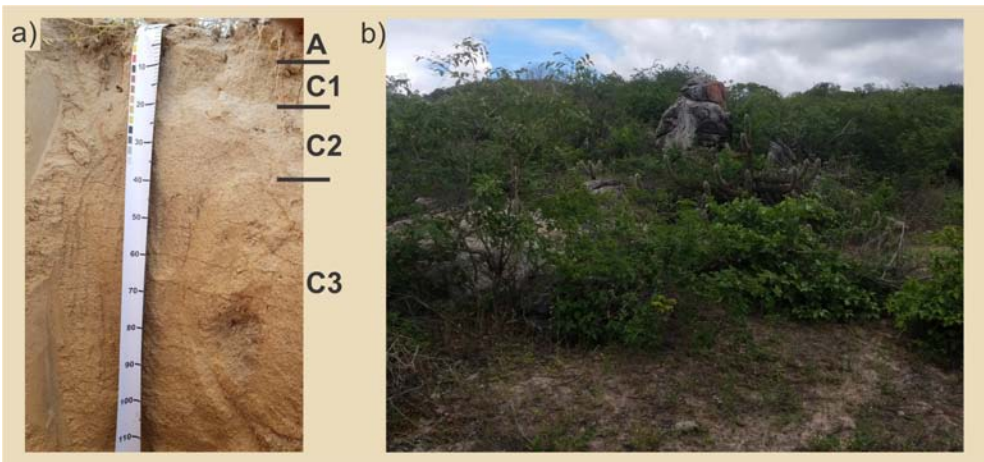


Figura 9. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico. Fonte: Do autor.

Quadro 5. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico. Dados do autor.

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-5	816	77	22	85	0,25
C1	5-20	800	95	10	95	0,11
C2	20-40	720	130	28	122	0,23
C3	40-150	719	122	17	142	0,12

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,1	0,5	0,2	0,07	<0,1	1,3	0,2	2,2
C1	4,5	0,2	0,0	0,01	<0,1	1,1	0,4	1,7
C2	4,5	0,1	0,0	0,00	<0,1	1,1	0,5	1,8
C3	4,7	0,2	0,0	0,00	<0,1	1,8	0,9	3,0

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	19	33	4	2,3
C1	67	13	1	1,5
C2	71	10	2	1,5
C3	75	7	1	1,5

5 Feições morfológicas típicas

Destacam-se as petroplintitas nos Plintossolos como feições morfológicas importantes para sua identificação (Figura 10). As petroplintitas ocorrem desde a superfície do solo, ainda que de forma descontínua, até a base do perfil, na forma de uma camada contínua (horizonte F).

Petroplintitas marcam ambientes onde houve oscilação do potencial redox (Eh) e que posteriormente passaram por alterações severas na paisagem. A oscilação do Eh, geralmente condicionadas por flutuação do lençol freático, favorece redução e concentração de Fe e/ou Mn na forma de mosqueados ou plintitas. Após soerguimento tectônico e/ou redução da precipitação por mudança climática, o nível de base regional é rebaixado. Consequentemente, o nível do lençol

freático é rebaixado e a oscilação de condição redox cede lugar para uma dominância de condições oxidantes (Pedro e Melfi, 1983). A desidratação do solo acompanha a sua oxidação, formando massas de solo cimentadas por óxidos de Fe e não desagregáveis em água.



Figura 10. Petroplintitas presentes no Perfil do Plintossolo Pétrico. Fonte: Do autor.

6 Limitações de uso agrícola

Os Neossolos Regolíticos e Luvissolos Crômicos apresentam limitações físicas e hídricas ao uso agrícola. A pequena profundidade, a consistência dura a extremamente dura quando secos, elevada pedregosidade e elevado teor de argilas de alta atividade nesses solos, em especial nos Luvissolos, dificultam a mecanização e a penetração de raízes, reduzem o armazenamento de água e a sua disponibilidade, além de serem bastante suscetíveis à erosão laminar em porções de menor cobertura vegetal.

Os Plintossolos Pétricos apresentam limitações físicas e químicas ao uso agrícola. A proximidade da camada F com a superfície e a abundância de cascalho limitam o uso de maquinário. Por sua vez, a distrofia e mineralogia demandam correção de acidez e adubação fosfatada para garantir produtividades adequa-

das. São solos suscetíveis à erosão laminar e em sulcos em função da sua posição na paisagem.

Os Latossolos Amarelos são os solos com as melhores condições físicas. A homogeneidade de textura e estrutura entre horizontes garante elevada permeabilidade. A mineralogia oxidica e caulinítica favorece maiores teores de água disponível. A menor quantidade de cascalho favorece o manejo das terras. Entretanto, ainda são solos distróficos e ácidos, com deficiência de P e K e problemas moderados gerados pela acidez.

7 Potencial de uso das terras

Considerando as limitações apresentadas acima, os Neossolos Regolíticos e Luvisolos possuem fortes restrições ao cultivo anual de grãos e pastagem. A maioria das tentativas de implantação de lavouras e pecuária extensiva sobre estes solos tem promovido a destruição do perfil pela erosão ou baixas rentabilidades devido ao estresse hídrico. O uso desses solos deve ser acompanhado por manejo de revolvimento mínimo, com incorporação de matéria orgânica para incremento dos teores de C e P e redução do estresse hídrico.

A recomendação é que as áreas com ocorrência de Plintossolos Pétricos sejam destinadas à preservação, considerando suas limitações físicas e químicas, bem como sua importância para sustentação do relevo e redução dos processos erosivos nas chapadas.

Nas áreas de ocorrência dos Latossolos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos também se verificam limitações a drenagem, restringindo as terras para a produção anual de grãos de sequeiro, apesar do horizonte A apresentar textura menos argilosa. Mas ainda são áreas mais adequadas para o cultivo de frutíferas, oleaginosas ou pastagens.

As elevadas taxas de erosão laminar registradas em ambientes semiáridos no Brasil removem dezenas de toneladas de C e P por hectare, reduzindo a produtividade (Sampaio, 2008; Menezes et al., 2012). Por isso, o manejo de matéria orgânica e a cobertura permanente são práticas recomendadas a fim de garantir uma produção agrícola sustentável e melhoria da qualidade de vida dos produtores.

8 Considerações finais

As terras localizadas entre os municípios de Currais Novos e Cerro Corá, no Seridó Potiguar, apresentam solos altamente associados ao material parental e posição

no relevo. Nas depressões e vales, sobre rochas metamórficas proterozóicas, desenvolvem-se Luvissolos Crômicos e Neossolos Regolíticos rasos, de textura média a argilosa, cascalhentos e com saturação por bases superior a 80%. Nas chapadas, sobre arenitos e cangas lateríticas cenozoicas, desenvolvem-se Plintossolos Pétricos, Latossolos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos profundos, de textura arenosa a média, com teor de cascalho variável e saturação por bases inferior a 50%. Estas terras são as que mais caracterizam a Caatinga, com similaridades no Ceará, Paraíba e Pernambuco.

As práticas de agricultura e pecuária desde o início da colonização, passando por vários ciclos produtivos, até os dias atuais ocasionaram a degradação ambiental e prejuízos econômicos e sociais aos produtores que insistem em práticas convencionais e extensivas. O avanço da desertificação sobre o semiárido brasileiro é o maior dentre todas as áreas semiáridas no planeta e deve se agravar com as mudanças climáticas. Por isso, informações sobre o comportamento agrícola destes solos precisam ser geradas e difundidas para que o planejamento de uso destas áreas permitam a sua exploração sustentável.

9 Referências

Angelim LAA, Medeiros VC, Nesi JR. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte. 2006.

Arai M. Chapadas : relict of mid-cretaceous interior seas in brazil. Rev Bras Geociências. 30:436-8, 2000.

Ab Saber A. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. 4^o Edição. São Paulo: Ateliê Editorial; 2003.

Fernandes MF, Cardoso D, de Queiroz LP. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. J Arid Environ. 174:104079. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010; 2010 [cited n.d.].

Kayano MT, Andreoli R V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: Cavalcanti IF, Ferreira NJ, Silva MGAJ, Dias MAFS, editors. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de textos; 2009. p. 213-34.

Lima CCU, Nolasco MC. Chapada Diamantina: A Remarkable Landscape Dominated by Mountains and Plateaus. In: Vieira BC, Salgado AAR, Santos ACL, editors. *Landscapes and landforms of Brazil*. Springer Netherlands; 2015. p. 211-20.

Maia LC, Júnior AADC, Cavalcanti LDH, Gugliotta ADM, Elisandro R, Santiago ALMDA, Cáceres MES, Gibertoni TB, Aptroot A, Giachini AJ, Soares AMS, Silva ACG, Magnago AC, Goto BT, De CRS, Montoya CAS, Pires-zottarelli CLA, Silva DKA, Soares DJ, Diogo HC, Luz EDMN, Gumboski EL, Wartchow F, Karstedt F, Freire FM, Coutinho FP, Melo GSN De, Sotão HMP, Baseia IG, Pereira J, Jadson JS, Oliveira D, Souza JF, Bezerra JL, Neta LSA, Pfenning LH, Gusmão LFP, Maria A, Capelari M, Jaeger MCW, Pulgarín MP, Junior NM, Medeiros PS De, Friedrich RCS, Chikowski RS, Pires RM, Melo RF, Silveira RMB, Cortez VG, Silva VF. Diversity of Brazilian Fungi Knowledge about the Brazilian fungal diversity was , until 2010 , recorded in few taxonomy and ecology. *Rodriguésia*. 66:1033-45, 2015.

Maia RP, Nascimento MAL. Relevos graníticos do Nordeste brasileiro. *Rev Bras Geomorfol*. 19:373-89, 2018.

Menezes R, Sampaio E, Giongo V, Pérez-Marin A. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. *Brazilian J Biol*. 72:643-53, 2012.

Moro MF, Nic Lughadha E, de Araújo FS, Martins FR. A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. *Bot Rev*. 82:91-148, 2016.

Muvengwi J, Mbiba M, Ndagurwa HGT, Nyamadzawo G, Nhokovedzo P. Termite diversity along a land use intensification gradient in a semi-arid savanna. *J Insect Conserv*. 21:801-12, 2017.

Nascimento MAL, Galindo AC, de Medeiros VC. Ediacaran to Cambrian magmatic suites in the Rio Grande do Norte domain, extreme Northeastern Borborema Province (NE of Brazil): Current knowledge. *J South Am Earth Sci*. 58:281-99, 2015.

Pedro G, Melfi AJ. The superficial alteration in tropical region and the laterization phenomena. In: Melfi AJ, Carvalho A, editors. *Lateritisation Processes*. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico; 1983. p. 3-13.

Prado J, Sylvestre L da S, Labiak PH, Windisch PG, Salino A, Barros ICL, Hirai RY,

Almeida TE, Santiago ACP, Kieling-Rubio MA, Pereira AF de N, Øllgaard B, Ramos CGV, Mickel JT, Dittrich VAO, Mynssen CM, Schwartsburd PB, Condack JPS, Pereira JBS, Matos FB. Diversity of ferns and lycophytes in Brazil. *Rodriguésia*. 66:1073-83, 2015.

Queiroz LP, Cardoso D, Fernandes MF, Moro MF. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. *Caatinga*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 23-63.

Sampaio YSB. Impactos Ambientais Da Agricultura No Processo De Desertificação No Nordeste Do Brasil. *Rev Geogr*. 22:90-112, 2008.

Santos HG, Carvalho-Júnior W, Dart RO, Áglío MLD, Sousa JS, Pares JG, Fontana A, Martins ALS, Oliveira APO. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Embrapa. 2011.

Werneck FP, Costa GC, Colli GR, Prado DE, Jr JWS. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests : new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. 272-88, 2011.



Solos do Planalto Maracaju-Campo Grande

Ademir Fontana¹.

¹ Embrapa Solos

1 Introdução

O bioma Cerrado, que é também denominado de Savana Tropical Estacional, ocorre principalmente no Planalto Central Brasileiro. Este bioma ocupa parte ou total dos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Tocantins, Maranhão, Piauí, Rondônia, São Paulo, Paraná e o Distrito Federal, abrangendo aproximadamente 24% do território brasileiro, sendo o 2º bioma em extensão com 2.036.448 km² (IBGE, 2019a).

O Cerrado é reconhecido como a Savana de maior biodiversidade, contemplando mais de 10.000 espécies de plantas, 837 espécies de aves, 67 gêneros de mamíferos com 161 espécies, sendo que 19 delas só ocorrem nesse bioma, 150 espécies de anfíbios e 120 espécies de répteis (IBGE, 2019a).

Quanto à vegetação, pode ser dividida em dois principais estratos: a) arbóreo, lenhoso xeromorfo (que acumula água), formado por árvores de pequeno e médio porte, troncos e galhos tortuosos, folhas coriáceas e brilhantes ou revestidas por densa camada de pêlos e raízes profundas e muitas vezes providas de xilopódios (órgãos subterrâneos protetores contra o fogo) e, b) gramíneo-lenhoso, composto por caméfitas (plantas de pequeno porte) dotadas de xilopólios e hemicriptófilos (plantas herbáceas, bienais ou perenes, com gemas de renovo situadas ao nível do solo que atravessam a estação desfavorável protegidas pela serapilheira ou outros materiais soltos) (IBGE, 2019a).

Pela vasta extensão e variação nas condições para o desenvolvimento da vegetação, existem inúmeras fisionomias, desde formações Campestres, Florestais (Cerradão) e Savânicas (sentido restrito) (Ribeiro e Walter, 2008). Considerando estas três fisionomias e devido a heterogeneidade dos atributos biofísicos, incluindo relevo e solo, clima e nível de conservação, são propostas 19 ecorregiões. No estado do Mato Grosso do Sul, a ecorregião 16 (Paraná- Guimarães) com a maior parte do estado e local deste estudo, seguido do Complexo Bodoquena (Sano et al., 2019).

Com a grande variação da vegetação e considerando a extensão territorial, são observadas diversas formas de relevo, incluindo chapadas, planaltos, colinas, morros e serras baixas, depressões intermontanas e planícies fluviais, assim como o estrato geológico, com rochas ou sedimentos inconsolidados e com diversos litotipos, o que garante uma diversidade pedológica de mesma proporção (CPRM, 2006; Theodorovicz e Theodorovicz, 2010; Oliveira et al., 2017).

Quanto aos solos, em geral tem baixa fertilidade natural, com baixos teores de nutrientes e muitas vezes associados a altos teores de Al e/ou caráter ácido, que é indicado pelo ΔpH positivo ($pH\ KCl - pH\ água$), sendo condicionado pelos mi-

nerais da fração argila do tipo 1:1, como a caulinita, e os óxidos de ferro (hematita e goethita) e alumínio (gibssita) e a baixa quantidade de matéria orgânica. Ainda há solos com material laterizado, na forma de plintita e petroplintita (nódulos ou concreções) e que podem ocupar um horizonte ou mais desde a superfície numa condição concrecionária ou litoplíntica (contínua). As classes mais representativas em ordem de ocorrência são os Latossolos Vermelhos, Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Plintossolos Pétricos, Plintossolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos, Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos (Oliveira et al., 2017).

De forma mais detalhada, este texto abordará os solos e paisagens das unidades geológica-ambiental de planaltos, colinas amplas e suaves, chapadas e platôs, degraus estruturais e rebordos erosivos na unidade morfoestrutural do Planalto de Maracaju – Campo Grande, no município de Campo Grande, estado do Mato Grosso do Sul.

2 Caracterização ambiental

Por estar numa região de borda entre duas regiões geográficas, configura o divisor de águas da bacia hidrográfica do Rio Paraná e Rio Paraguai, localizada no município de Campo Grande, no estado do Mato Grosso do Sul.

A paisagem é constituída por uma extensa superfície suavemente dissecada, onde predomina o relevo aplainado, com presença de escarpas e patamares no basalto, tendo a altitude com cotas entre 260 e 690 m. Ocorrem formas de dissecção de topo convexo geralmente relacionadas à presença de drenos mais importantes ou às bordas do planalto, nas quais é possível observar relevo na forma de cuevas e assim ocorrência de escarpas, morros e serras baixas e degraus estruturais (RADAMBRASIL, 1982). A drenagem apresenta um padrão dendrítico onde, embora o aprofundamento dos vales seja incipiente, há uma densidade de canais por área bastante considerável e com cachoeiras de mais de 50 m no sentido da Bacia do Paraguai.

O material geológico apresenta grandes variações, tendo a sua origem nas Bacias Sedimentares Fanerozóicas durante a era Paleo-Mesozóica e denominada de grande Bacia do Paraná ou Província Estrutural Paraná. É caracterizada por ser uma unidade geotectônica de longa história evolutiva (duração superior a 400 milhões de anos) e que foi preenchida por materiais de diferentes ambientes deposicionais do tipo continental, marinho, fluvial, desértico, glacial e vulcânico (IBGE, 2019a; Theodorovicz e Theodorovicz, 2010). Em maior detalhe as subprovíncias Serra Geral e Bauru-Caiuá (IBGE, 2019a). Na subprovíncia Serra Geral, abrange

as rochas das Formações Botucatu (inferior) e Serra Geral (superior), ambas do Grupo São Bento. Na subprovíncia Bauru-Caiuá, a Formação Rio Paraná do Grupo Caiuá, ambas ocorrendo na forma de faixas no sentido norte-sul e variações de largura em direção aos extremos norte e sul (CPRM, 2006).

A Formação Botucatu, ocupa a base do Grupo São Bento, sendo composta por arenito fino a grosso de coloração avermelhada, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, disposto em e/ou de estratificações cruzadas de grande porte de ambiente continental desértico, com depósitos de dunas. Constituiu a unidade inferior do Grupo São Bento e está relacionado ao período Jurássico-Cretáceo (CPRM, 2006). Ocorre de forma exposta numa faixa no sentido norte-sul do estado sobreposta a Formação Aquidauana (Figura 1).

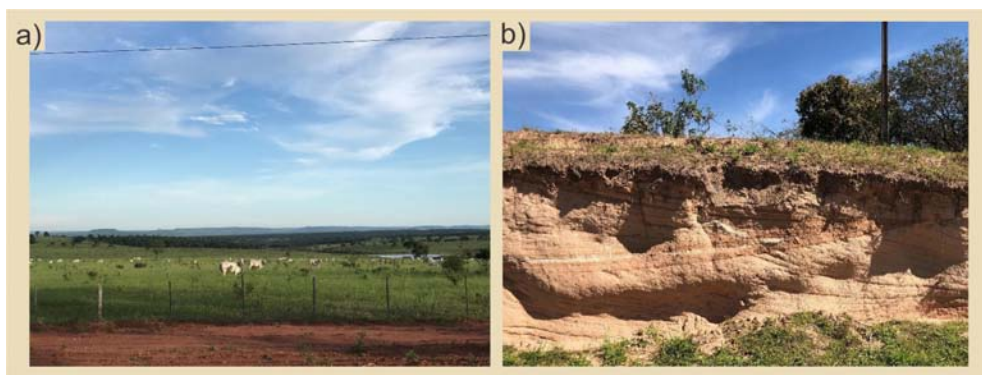


Figura 1. Paisagem com relevo suave ondulado (a) e as rochas da Formação Botucatu (b).
Fonte: Do autor.

A Formação Serra Geral é composta por rochas ígneas básicas do vulcanismo fissural ou derrames, comportando o basalto e basalto andesito de filiação toleítica, tendo intercalado camadas de arenito. Constitui a unidade superior do Grupo São Bento do período Cretáceo (138-129 milhões de anos) (CPRM, 2006), com maior expressão em direção ao sul do estado e para o leste (Figuras 2).

Enquanto, o Grupo Caiuá Indiviso e Formação Rio Paraná, assentada sobre a Formação Serra Geral é composta por arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio, arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio em ambiente continental desértico: dunas eólicas, interdunas e lagos efêmeros durante o Cretáceo Superior. Esta Formação vai até o limite com o estado de São Paulo e no Noroeste do Paraná, tendo a sua expressão aumentada em direção ao norte e para oeste até sobrepor a Formação Botucatu (CPRM, 2006) (Figuras 3 e 4a).

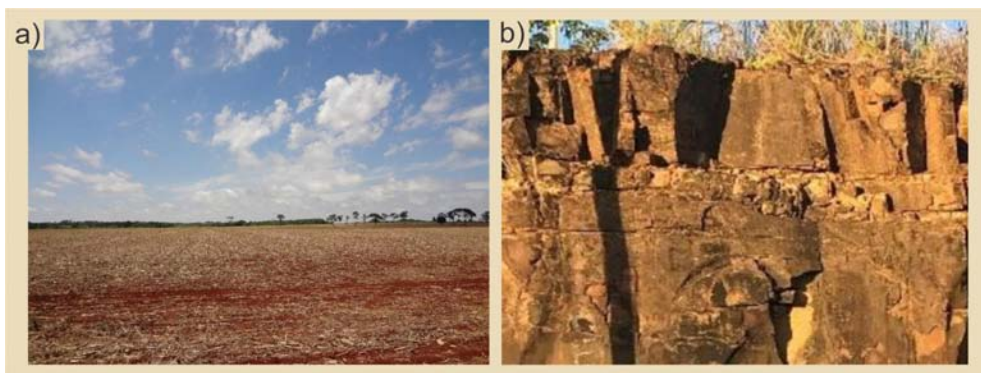


Figura 2. Paisagem com relevo plano (topo) (a) e rochas da Formação Serra Geral (b).
Fonte: Do autor.

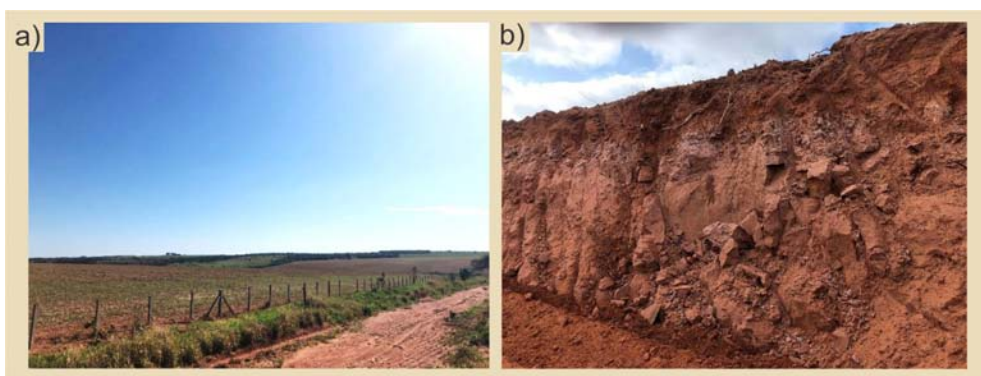


Figura 3. Paisagem com relevo suave ondulado (a) e rochas da Formação Rio Paraná (b).
Fonte: Do autor.

O clima da região segundo a classificação de Köppen situa-se na faixa de transição entre o subtipo Cfa–mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C, tendo o mês mais seco precipitação pluviométrica superior a 30 mm e o subtipo Aw – tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Cerca de 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24 °C. Os meses de menor precipitação e maiores déficits hídricos ocorrem em junho, julho, agosto e setembro e a temperatura média é de 20 °C. A deficiência hídrica anual é aproximadamente 10 mm e o excedente hídrico de 420 mm, isto considerando a CAD (capacidade de água disponível) igual a 100 mm (Thorntwaite e Mather, 1955). A temperatura média anual é de 21,7 °C e a precipitação pluviométrica de cerca de 1.450 mm (Alfonsi et al., 2002).

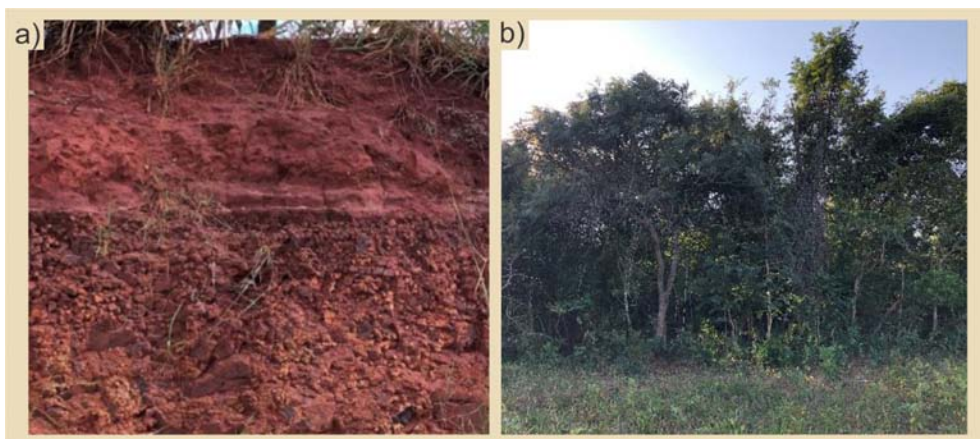


Figura 4. Sobreposição do arenito da Formação Rio Paraná ao basalto da Formação Serra Geral (a) e vegetação representativa do Cerrado (sentido restrito) (b). Fonte: Do autor.

Quanto à vegetação, o Cerrado tropical subcaducifólio (sentido restrito) em solos arenosos e/ou rasos, associados a baixos nutrientes (Figura 4b) e o Cerradão tropical subcaducifólio em solos profundos e argilosos. O uso agrícola do solo compreende pastagens extensivas e soja/milho.

Com relação às águas subterrâneas, apresenta aquíferos associados a três formações geológicas distintas. O primeiro, mais superficial e em direção ao Leste, está relacionado aos arenitos do Grupo Caiuá. O segundo, associado às rochas do Grupo São Bento, como os basaltos da Formação Serra Geral em zona de fraturamentos e, num nível mais profundo, encontram-se as rochas da Formação Botucatu, que constituem o aquífero Guarani, um dos maiores aquíferos subterrâneos do mundo (Rosa Filho et al., 2003).

3 Relação solo – paisagem

Diante da variação potencial da litologia, incluindo rochas de diferentes composições, como as sedimentares (arenitos) e ígneas (basalto), há grande diversidade pedológica, com destaque para a ampla variação de textura, tipo de horizonte superficial, saturação por bases e teor de ferro, incluindo os Latossolos Vermelhos, Amarelos e Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos e Quartzarênicos, Cambissolos Háplicos (associado aos Neossolos Litólicos) e Gleissolos Háplicos (Motta et al., 2013).

Ao nível de detalhe, o solo e forma de relevo representativo em cada ponto compreende:

- 1 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico - ocorre nas colinas amplas e suaves.
- 2 – Latossolo Vermelho Distroférico típico – ocorre nas chapadas e platôs.
- 3 – Neossolo Litólico Chernossólico fragmentário - ocorre nos degraus estruturais e rebordos erosivos.
- 4 – Latossolo Vermelho Distrófico psamítico - ocorre no planalto.

Nos pontos 1 e 4 - predomínio de espessos pacotes de sedimentos à base de quartzarenitos: compreende rochas sedimentares como os arenitos e que em função da grande quantidade da fração areia na sua composição propiciam a formação de solos essencialmente arenosos e profundos. Localmente são chamados de “areais” e “areões” e que nas regiões Leste e Nordeste do estado é denominado de “Bolsão Sul-Matogrossense”. Esta região tem em base um empilhamento de camadas horizontalizadas de diversas espessuras formadas por sedimentos diferentemente consolidados, de características mineralógicas e granulométricas distintas, que, na maior parte das vezes, mudam bruscamente de uma camada para outra. Contudo, desde que o relevo seja aplainado ou suave ondulado, essa característica imprime aos terrenos uma extensa e boa homogeneidade geomecânica lateral (Theodorovicz e Theodorovicz, 2010).

Para os pontos 2 e 3 - extenso e espesso pacote de sucessivos derrames de diferentes espessuras de lavas, compreende rochas ígneas ou magmáticas, principalmente básicas como basalto, configurando condições para o desenvolvimento de solos argilosos ou muito argilosos, de rasos a profundos. A sucessão de derrames imprimiu um aspecto acamado horizontalizado, o que significa que as características do substrato rochoso se mantêm homogêneas na lateral, mas nem sempre na vertical (Theodorovicz e Theodorovicz, 2010).

4 Dados pedológicos

4.1 Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos

Estes solos apresentam muitas características e atributos herdados da rocha arenítica, como a grande participação da fração areia em todo o perfil. São profundos, vermelhos e com baixa disponibilidade de nutrientes, capacidade de troca catiônica e carbono orgânico (Figura 5).

Apresentam a sequência de horizontes A-C e geralmente também os transicionais AC e CA, sendo comum mais de um horizonte AC, o que indica o grande desenvolvimento do horizonte superficial (Quadro 1). A estrutura é granular e

fracamente desenvolvida de tamanho pequeno, sendo a consistência molhada não plástica e não pegajosa e com a transição entre horizontes difusa em subsuperfície.

Os teores de areia são expressivos em todo perfil e com predomínio da areia grossa, sendo verificadas as classes texturais areia ou areia franca. Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P e o C orgânico são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez potencial.

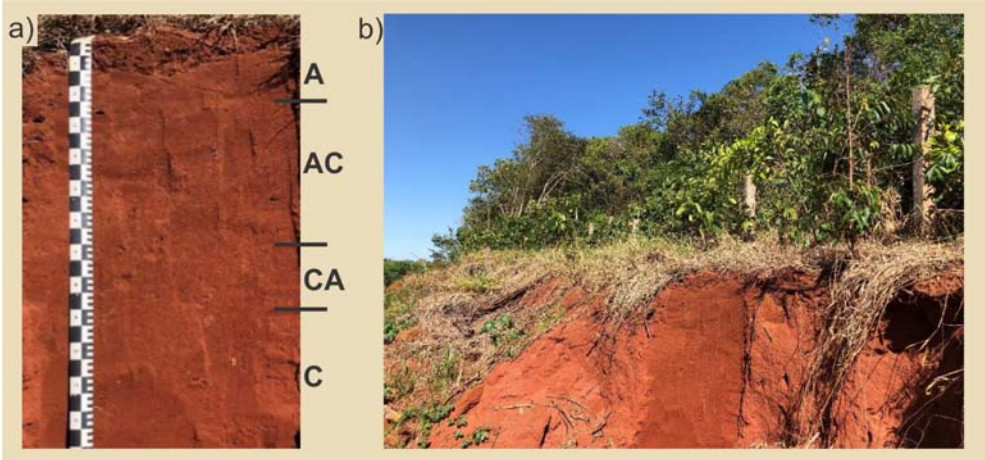


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Fonte: Do autor.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Dados extraídos de Motta et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ap	0-20	510	377	53	60	0,88
AC1	20-50	512	373	55	60	0,92
AC2	50-65	483	403	34	80	0,42
CA	65-85	495	385	40	80	0,50
C1	85-135	487	363	50	100	0,50
C2	135-200 ⁺	493	363	44	100	0,44

Quadro 1. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ap	4,7	0,7		0,03	0,01	7,0	0,6	8,3
AC1	4,7	0,2		0,01	0,01	0,5	0,5	2,3
AC2	4,7	0,2		0,01	0,01	0,4	0,4	1,9
CA	4,7	0,1		0,01	0,01	0,5	0,5	0,8
C1	4,7	0,1		0,01	0,01	0,5	0,5	1,1
C2	4,7	0,1		0,01	0,01	0,2	0,2	0,7

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ap	46	8	1	6,2
AC1	71	9	1	4,8
AC2	67	11	1	3,0
CA	83	6	1	3,0
C1	83	9	1	1,9
C2	50	29	1	1,2

4.2 Latossolos Vermelhos Distroférricos típicos

Estes solos apresentam muitas características e atributos adquiridos da rocha de origem vulcânica fissural (basalto). São profundos, vermelhos e muito argilosos, como resultado do intemperismo químico pelo processo de latolização (feralitização), com remoção de sílica e nutrientes, formação de caulinita e óxidos de ferro (hematita ou goethita) e alumínio (gibbsita) (Figura 6).

Apresentam a sequência de horizontes A-Bw, contendo geralmente os transitórios AB e BA (Quadro 2). A estrutura é granular ou blocos subangulares, fortemente desenvolvida de tamanho que varia de muito pequeno ou pequeno, tendo a consistência molhada plástica e pegajosa e, com a transição entre horizontes difusa em subsuperfície.

Diferentemente dos Neossolos Quartzarênicos, os teores de argila e são expressivos em todo perfil, sendo identificada a classe textural muito argilosa e não observado aumento significativo em profundidade (ausência de gradiente textural elevado). Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são baixos, exceto no horizonte superficial, enquanto, o Al atinge valores altos a partir de 20 cm de profundidade.

Nestes solos ainda se destaca os altos teores de ferro na forma de F_2O_3 entre 180 e 360 g kg^{-1} , que definem o caráter férrico.

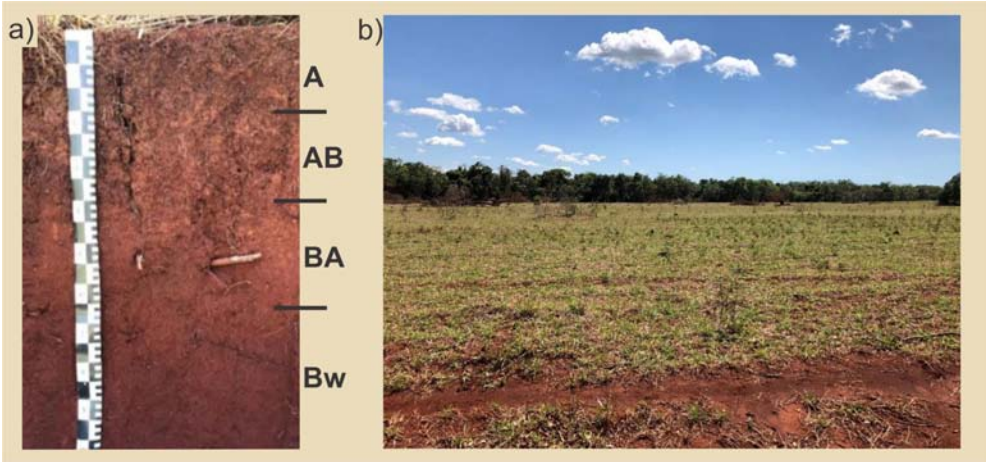


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Vermelho Distroférico típico. Fonte: Do autor.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Quartzarênico Distroférico típico. Dados extraídos de Motta et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg^{-1})				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-15	160	120	120	600	0,20
AB	15-35	150	120	90	640	0,14
BA	35-60	150	110	80	660	0,12
Bw1	60-110	130	110	100	660	0,15
Bw2	110-175	130	110	90	670	0,13
Bw3	175-260 ⁺	130	110	90	670	0,13

Horizontes	pH H_2O	Complexo sortivo – $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$						
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	H^+	Al^{3+}	$\text{CTC}_{\text{pH}7}$
A	5,4	4,5	2,5	0,18	0,02	7,6	0,3	15,1
AB	5,1	0,6		0,07	0,01	4,8	2,7	8,2
BA	4,9	0,3		0,03	0,02	4,2	2,6	7,1
Bw1	5,1	0,2		0,03	0,02	3,7	1,9	5,8
Bw2	5,2	0,2		0,02	0,01	3,8	1,5	5,5
Bw3	5,4	0,2		0,02	0,01	3,2	0,1	3,5

Quadro 2. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	4	48	1	21,3
AB	79	9	1	11,4
BA	90	4	1	9,8
Bw1	90	3	1	6,3
Bw2	88	4	1	5,1
Bw3	33	6	1	2,7

4.3 Neossolos Litólicos Chernossólicos fragmentários

Estes solos também apresentam muitas características e atributos decorrentes da proximidade da rocha de origem (basalto), caracterizando baixo grau de desenvolvimento pedogenético e intemperismo químico. O perfil de solo é raso e com grande participação de fragmentos de rocha (Figura 7).

Apresentam sequência de horizontes A-R, podendo ocorrer o horizonte transicional AC, assim como, o Cr com fragmentos de rocha como cascalhos e/ou calhaus (Quadro 3). A estrutura do horizonte superficial é granular, fortemente desenvolvida, sendo a consistência molhada muito plástica e muito pegajosa. Diferindo dos demais solos, os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são altos, sendo verificada a ausência de Al.

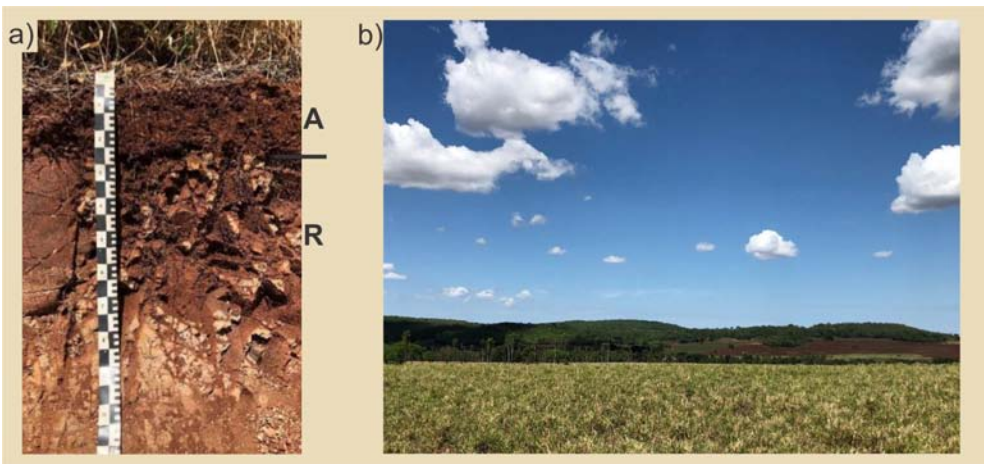


Figura 7. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Neossolo Litólico Chernossólico fragmentário. Fonte: Do autor.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Litólico Chernossólico fragmentário. Dados extraídos de Motta et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-45	60	15	380	410	0,93
R	45-60+	-	-	-	-	-

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	6,9	40,2	12,8	0,88	0,10	2,6	0,0	56,6
R	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%	%	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	0	95	90	14,0
R	-	-	-	-

4.4 Latossolos Vermelhos Distróficos psamíticos

Estes solos apresentam muitas características e atributos herdados da rocha arenítica, como a textura que varia de arenosa a franco arenosa (limite inferior) em todo o perfil. A presença dos elevados teores de areia até grande profundidade define o caráter psamítico. O solo é profundo e predomina a coloração avermelhada (Figura 8).

Apresentam sequência de horizontes A-B, sendo observado geralmente os horizontes transicionais AB e BA (Quadro 4). A estrutura é granular e blocos subangulares que se desfaz em granular, fracamente desenvolvida e pequena. A consistência molhada é não plástica e não pegajosa, sendo em subsuperfície ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, com a transição entre horizontes difusa em subsuperfície.

Diferindo do Latossolo Vermelho Distroférico, os teores de areia são expressivos em todo perfil, sendo identificada a classe textural que varia de arenosa a franco arenosa (limite inferior), com leve predomínio de areia fina. Não é observado um aumento significativo do teor de argila em profundidade (ausência de gradiente textural elevado). Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P e C orgânico são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez potencial.

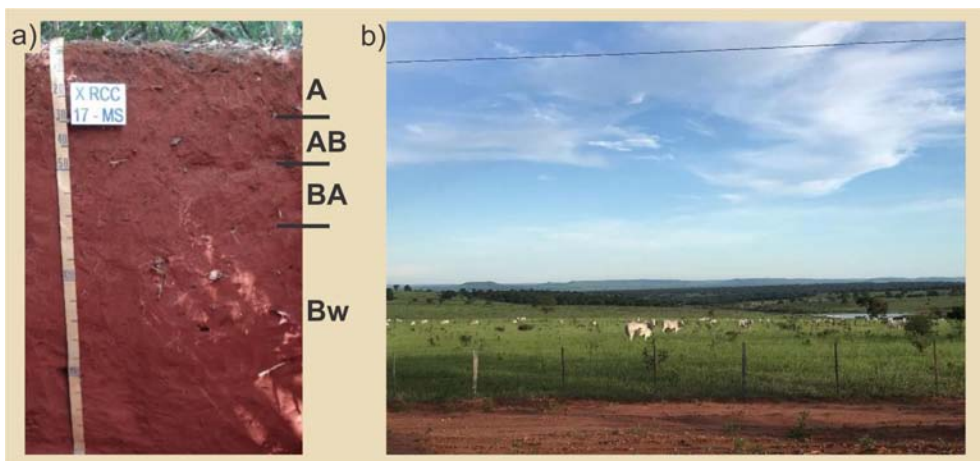


Figura 8. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Vermelho Distrófico psamítico. Fonte: Do autor.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Vermelho Distrófico psamítico. Dados extraídos de Motta et al. (2013).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-12	408	476	16	100	0,16
A2	12-27	393	494	10	100	0,10
AB	27-47	339	522	19	120	0,16
BA	47-73	323	526	31	120	0,26
Bw1	73-118	321	524	14	141	0,10
Bw2	118-167	327	498	34	141	0,24
Bw3	167-200+	350	491	17	142	0,12

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,6	1,3	0,7	0,06	0,01	2,5	0,5	5,1
A2	4,2	0,5	0,5	0,02	0,01	1,5	0,6	3,1
AB	4,5	0,2	1,1	0,01	0,01	1,3	0,5	3,1
BA	4,6	0,3	1,4	0,01	0,01	1,2	0,5	3,4
Bw1	4,7	0,4	0,8	0,01	0,01	1,0	0,5	2,7
Bw2	4,9	0,7		0,01	0,01	0,9	0,4	2,0
Bw3	4,7	0,8	0,7	0,01	0,01	1,1	0,7	3,3

Quadro 4. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A1	19	41	3	6,0
A2	37	32	1	2,5
AB	28	42	1	1,9
BA	23	50	1	1,5
Bw1	29	44	1	1,0
Bw2	36	35	1	1,0
Bw3	32	45	2	0,5

5 Feições morfológicas típicas

As feições morfológicas típicas são aquelas importantes na identificação dos solos, resultantes dos seus processos pedogenéticos. No Neossolo Quartzarênico é comum o “aspecto maciço” do perfil devido ao grau de estrutura sem unidades estruturais ou pedis (Figura 9a).

No Latossolo Vermelho Distroférico, a estrutura do tipo “pó de café”, caracterizada por pedis (unidade estrutural ou agregados) fortemente desenvolvidos, com tamanho que varia de muito pequeno a pequeno e do tipo granular (Figura 9b), o “caráter retrátil” pela formação de fendas (Figura 9c) e ombreira que é composta por material que se desprende da parede do perfil (Figura 9d). Outra característica é a atração magnética que se mostra expressiva devido ao caráter férrico, identificado em horizontes que apresentam um elevado percentual de minerais contendo ferro. Já nos horizontes subsuperficiais do Latossolo Vermelho psamítico é observada estrutura na forma de blocos subangulares que desfazem em granular.

Ademais, no Neossolo Litólico, a presença de rochas vulcânicas com fraturamento abundante com aspecto laminar em ângulos variados (Figura 9e), assim como a presença de processos de intemperismo do tipo esfoliação esferoidal (Figura 9f). Estas feições são importantes porque facilitam a infiltração de água no perfil e a penetração de raízes, permitindo o estabelecimento de espécies florestais em solos, por vezes, extremamente rasos.

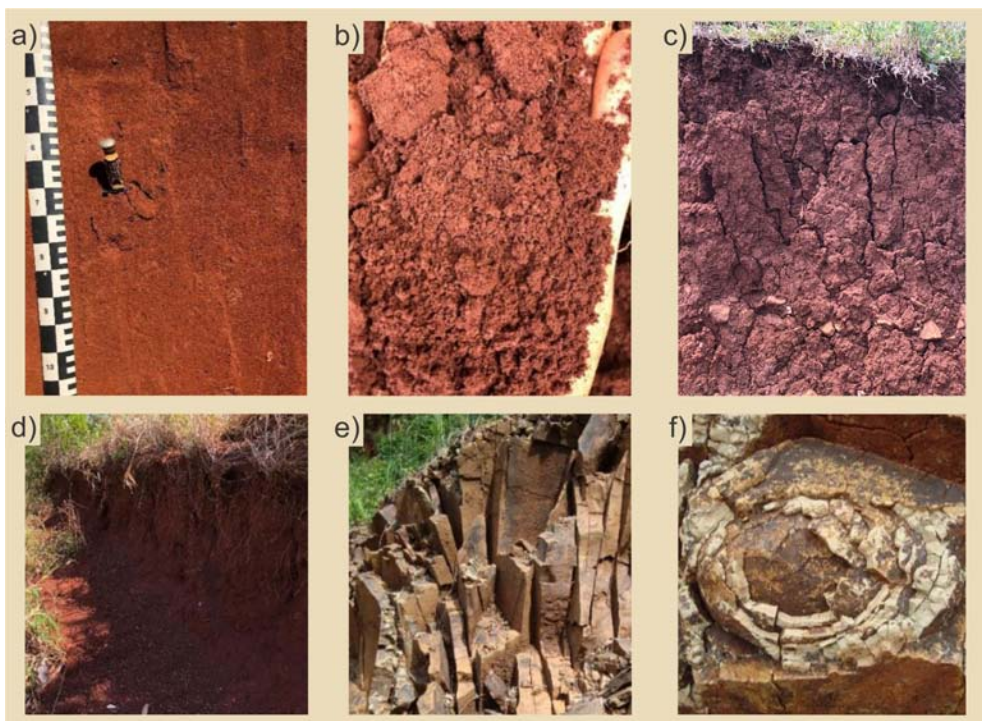


Figura 9. Aspecto maciço em Neossolo Quartzarênico (a); estrutura tipo “pó de café” (b), caráter retrátil (c) e ombreira (d) nos Latossolos Vermelhos; fraturamento laminar (e) e esfoliação esferoidal (f) nos Neossolos Litólicos. Fonte: Do autor.

6 Limitações de uso agrícola

O Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho Distrófico psamítico, devido a composição essencialmente arenosa, apresentam limitações intrínsecas severas de ordem física e química. A baixa capacidade de reter e fornecer nutrientes, bem como água, contribuem de forma negativa para a produção. Adicionalmente tais características desfavorecem um grande aporte de matéria orgânica, associada a rápida decomposição imposta pela textura arenosa. A associação destes fatores propicia a formação de uma estrutura com um grau fraco desenvolvimento. Na área de ocorrência destes solos, observam-se pastagens extensivas de baixo suporte de forragem e que são sujeitas à erosão hídrica, incluindo voçorocamento e também a erosão eólica. A degradação destes solos pode levar o surgimento do fenômeno denominado de “arenização”, o qual é definido quando o solo perde a capacidade de suporte para o desenvolvimento vegetal, sendo observada a individualização das partículas que favorece ainda mais o processo erosivo. Outro

aspecto decorrente da textura arenosa são as limitações para a mecanização devido à baixa tração.

Nas áreas de Latossolo Vermelho Distroférrico, por outro lado, são observadas restrições de ordem química. Verifica-se baixa capacidade de fornecer nutrientes e a alta capacidade de fixação de fósforo, devido aos altos teores de óxidos de ferro e alumínio. O Neossolo Litólico apresenta limitações significativas devido à pequena profundidade efetiva e elevada pedregosidade, dificultando o desenvolvimento e aprofundamento das raízes. Adicionalmente também se destaca a baixa capacidade de armazenamento de água, além da erosão hídrica. A presença de pedregosidade na superfície do terreno e/ou ao contato lítico próximo da superfície e a associação com afloramentos rochosos, também são fatores que contribuem para os impedimentos à mecanização.

7 Potencial de uso das terras

Para o Neossolo Quartzarênico e o Latossolo Vermelho Distrófico psamítico, como destacado anteriormente, é observada uma baixa capacidade produtiva. Contudo, com a realização da calagem para a neutralização da acidez e fornecimento de (Ca e Mg), paralelo a adubação para aumento dos demais nutrientes pode contribuir para a melhoria da fertilidade destes solos. Adicionalmente o emprego de arranjos produtivos que favoreçam a formação de agregados, através do emprego de culturas e/ou plantas de cobertura que possibilitem um maior aporte de matéria orgânica com destaque para as gramíneas como as braquiárias em geral, também podem promover o aumento da agregação do solo e consequentemente uma série de características benéficas, que podem proporcionar além da melhoria da qualidade do solo, o aumento da produtividade. Além destas práticas, adiciona-se aquelas preconizadas pela agricultura conservacionista, incluindo o sistema plantio direto, o terraceamento, as bacias de captação e os canais escoadouros (Fontana et al., 2020).

Há opções já conhecidas de sistemas e cultivos para as diferentes regiões do País, mas outras também podem ser adaptadas e aperfeiçoadas. No oeste baiano, por exemplo, geralmente não é possível fazer o cultivo de culturas como o milho na entressafra (safrinha), então é realizada a “safrinha de boi” que utiliza pastagens de entressafra e suplementação alimentar para engorda de bovinos (Vilela et al., 2011). No Bolsão Sul-mato-grossense, com a utilização do Sistema São Mateus, a soja entra para amortizar os custos de recuperação de pastagens degradadas, melhorar a fertilidade do solo e assim viabilizar a produção pecuária mais econômica e sustentável (Salton et al., 2013).

No Neossolo Litólico, mesmo sendo observada maior disponibilidade de nutrientes, as condições de relevo que variam de ondulado a montanhoso e pouca profundidade efetiva do solo, impõem forte restrição de utilização, que pode ser amenizada pelas práticas sugeridas para os solos arenosos quanto às condições físicas.

Para o Latossolo Vermelho Distroférrico, as condições físicas favoráveis com boa permeabilidade, retenção de água e agregação indicam baixa erodibilidade. Com o emprego de práticas de adubação adequadas em especial para o P, o potencial agrícola torna-se alto.

8 Considerações finais

Os solos da região têm grande variação da sua composição e grau de desenvolvimento pedogenético, sendo observado em uma pequena distância desde solos muito rasos com fragmentos de rocha e altos teores de nutrientes até solos extremamente profundos com textura arenosa ou muito argilosa e baixos teores de nutrientes.

O relevo plano ou suave ondulado favorece o cultivo agrícola, exceto, na área do Neossolo Litólico. A grande participação da fração areia em determinadas classes de solo indica elevada fragilidade física e alto grau de erodibilidade, além da baixa capacidade de reter e disponibilizar nutrientes.

O planejamento do uso agrícola destas áreas deve ser realizado de forma irrestrita levando em consideração as práticas da agricultura conservacionista, considerando a elevada suscetibilidade à degradação, especialmente dos solos arenosos, e, os baixos teores de nutrientes e matéria orgânica observados em todos os solos.

9 Referências

Alfonsi RR, Pinto HS, Zullo Júnior J, Coral G, Assad ED, Evangelista BA, Lopes TSS, Marra, E, Bezerra, HS, Hissa HR, Figueiredo AF, Silva GG, Sucharov EC, Alves J, Martorano LG, André RGB, Andrade WEB. Zoneamento climático da cultura do café (*Coffea arabica*) no Estado do Mato Grosso do Sul. Campinas: IAC: UNICAMP; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Niterói: Pesagro-Rio; Rio de Janeiro: SIMERJ: Embrapa Solos, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PROVÍNCIAS estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos, regiões fitoecológicas e outras áreas. Rio de

Janeiro: IBGE, 2019a. 179p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101648>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas Continentais do Brasil. 2019b https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf

Fontana A, Freitas PL, Donagemma GK, Salton JC, Fidalski J. SOLOS ARENOSOS: a nova fronteira agrícola brasileira. Plantio Direto. Revista A Granja, Porto Alegre: Janeiro, 2020.

Motta PEF, Pereira NR, Carvalho Filho A, Gonçalves AO, Bhering SB, Carvalho Júnior WC, Amorim AM, Takagi JS, Lopes CHL, Áglio MLD, Souza JS. Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Município de Campo Grande, MS. Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 183 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, 235).

Oliveira VA, Jacomine PKT, Couto EG. Solos Do Bioma Cerrado. In: Curi N, Ker JC, Novais RF, Vidal-Torrado P, Schaefer CEGR. (editores). Pedologia - solos dos biomas brasileiros. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2017. p.117-226.

RADAMBRASIL. Folha SF.21 Campo Grande: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1982. 412 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).

Ribeiro JF, Walter BMT. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF. Cerrado: ecologia e flora / editores técnicos, Embrapa Cerrados. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1.279 p.

Rosa Filho EF, Hindi EC, Rostirolla SP, Ferreira FJF, Bittencourt AVL. Sistema Aquífero Guarani: considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas, São Paulo, n. 17, maio 2003.

Sano EE, Rodrigues AA, Martins ES, Bettiol GM, Bustamante MMC, Bezerra AS, Couto AF, Vasconcelos V, Schüller J, Bolfe EL. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. J. Environ. Manag. 2019;232:818–828.

Salton JC, Kichel NA, Arantes M, Kruker JM, Zimmer AH, Mercante FM, Almeida RG. Sistema São Mateus: sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico do Estado de Mato Grosso do Sul. Escala 1: 1.000.000. 2006.

Theodorovicz AM, Theodorovicz A. Geodiversidade: adequabilidades / potencialidades e limitações frente ao uso e à ocupação. In: Geodiversidade do estado de Mato Grosso do Sul / Organização. In: Theodorovicz AM, Theodorovicz A (editores). São Paulo: CPRM, 2010.

Thornthwaite CW, Mather JR. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in climatology, v. 8, n. 1).

Vilela L, Martha Junior GB, Macedo MCM, Marchão RL, Guimaraes Junior R, Pulrolnik K, Maciel GA. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2011;46:1127-1138.



Solos do Planalto do Tocantins

Ademir Fontana¹.

¹ Embrapa Solos

1 Introdução

O bioma Cerrado e a sua diversidade biológica, botânica, geomorfológica e pedológica é abordado no capítulo 8: Solos do Planalto Maracaju-Campo Grande. No tocante ao estado do Tocantins, o bioma Cerrado se estende em todas as direções, com destaque para a ecorregião 3, denominada de Araguaia-Tocantins. Esta ecorregião cobre a maior parte do território e local deste estudo, seguido da região do Bananal, Planalto Central e Bico do Papagaio (Sano et al., 2019).

A região está inserida na unidade geomorfológica denominada de Planalto Residual do Tocantins, que apresenta formas tabulares e relevo de topo aplainado, com drenagens de diferentes ordens de grandeza e aprofundamento, separados por vales de fundo plano. O material geológico da área estudada pertence à Formação Pimenteiras, composta por arenitos, siltitos, siltitos foliáceos ferruginizados e argilitos (Brasil, 1981).

A vegetação é de formação Savânica, com composição arbórea sem floresta de galeria, denominada de Cerrado sentido restrito “strictu sensu” (BRASIL, 1981; Ribeiro e Walter, 2008). Os solos contemplam expressões variadas da laterização, com predomínio dos Plintossolos Pétricos com cascalhos e calhaus compostos por petroplintita na forma de nódulos e concreções, de ocorrência variada ao longo do perfil e muitas vezes contínuos e, os Latossolos e Cambissolos, com petroplintita e plintita em subsuperfície (Coelho et al., 2012).

De forma mais detalhada, este texto abordará os solos e paisagens das unidades geológica-ambiental de chapadas na unidade morfoestrutural do Planalto Residual do Tocantins, no município de Palmas.

2 Caracterização ambiental

A área apresenta ambientes distintos pela composição e alteração ou intemperismo de rochas e lateritas, contudo, não são verificadas grandes variações quanto ao relevo local. A paisagem é constituída por uma extensa superfície suavemente dissecada, onde predomina o relevo aplainado (Figura 1).

Compreende um conjunto de elevações de direção aproximada SSE-NNW que se estende por aproximadamente 250 km, dispostas em planaltos residuais, escarpas, serras e morros dissecados, abrangendo as denominadas Serras do Lajeado e do Carmo, dentre outras. Este domínio geomorfológico se caracteriza por um conjunto de terras altas situadas a leste da calha do rio Tocantins no seu médio curso (Dantas et al., 2019). A dissecção regional apresenta diferentes ordens

de grandeza e aprofundamento de drenagem, separados por vales de fundo plano, tendo a intensidade de aprofundamento de drenagem mediana e ordem de grandeza de 750 a 1.750 m. No local da avaliação dos solos, a variação de altitude está entre 400 e 440 m e no transecto apresentado uma distância de 1,5 km.

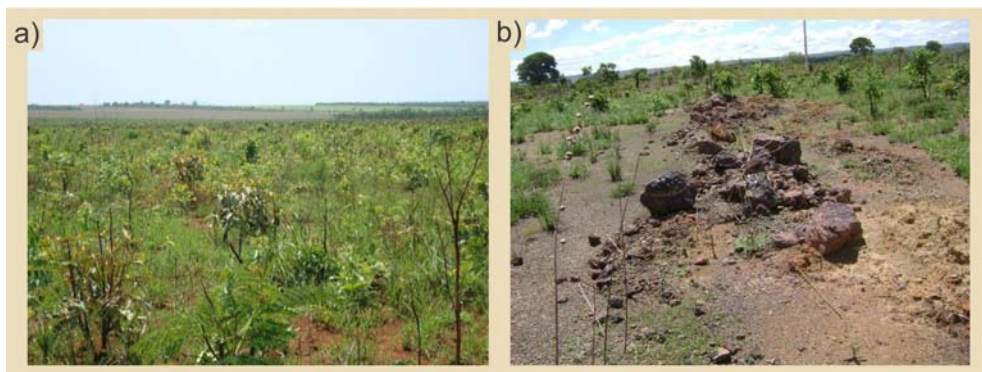


Figura 1. Paisagem com relevo plano a suave ondulado (a) e cangas lateríticas (b) da Formação Pimenteiras. Fonte: Do autor.

O material geológico tem sua origem na Bacia Sedimentar Fanerozóica (vulcanossedimentar) durante a era Paleo-Mesozóica e denominada de Bacia do Parnaíba e Província Parnaíba (IBGE, 2019b; Rocha e Frasca, 2019). É caracterizada por ser uma unidade geotectônica intracratônica que abrange o extremo norte e centro-leste do território tocantinense com cerca de 84.000 km² (Oliveira e Mohriak, 2003). Em maior detalhe a subprovíncia do Parnaíba na supersequência Mesodevoniana-Eocarbonífera (Devoniano Médio-Carbonífero Inferior), predominantemente marinha e corresponde estratigraficamente à composição do Grupo Canindé, que se subdivide nas Formações Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti.

A Formação Pimenteiras tem idade do Devoniano Médio e é constituída de arenitos de cor cinza, granulação fina a média, com intercalações de folhelhos cinza-esverdeados e acamamento regular ondulado de ambiente marinho plataformar (IBGE, 2019b). Composta principalmente por folhelhos, há intercalações de arenitos e siltitos, e suas feições indicam ambiente de deposição de plataforma rasa dominada por tempestades (Vaz et al., 2007). Por fim, sobre todo este conjunto de litologias, desenvolveu-se um aplainamento generalizado do relevo e um evento de laterização durante o Neógeno, que gerou perfis lateríticos imaturos (Dantas et al., 2019) (Figura 1b).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw - tropical com estação seca. A temperatura e precipitação média anual são 25°C e 1.301

mm, respectivamente. De maneira geral, o clima é quente durante todo o ano, com poucas variações na temperatura, sendo a diferença entre o mês mais quente (setembro) e o mais frio (julho) de apenas 3,6°C.

A distribuição sazonal das precipitações apresenta dois períodos bem definidos: a estação chuvosa, de outubro a abril, e a seca, de maio a setembro. O mês mais chuvoso é o de janeiro (245 mm), enquanto julho é o mês mais seco (0,2 mm) (INMET). Pelo balanço hídrico mensal, segundo o método de Thornthwaite e Mather (1955), há um expressivo excedente hídrico centrado nos meses de janeiro e fevereiro. No entanto, o déficit predomina entre os meses de maio a outubro, havendo reposição hídrica apenas em novembro.

A vegetação é composta por Cerrado tropical caducifólio (sentido restrito), de composição arbórea (Figura 2a). O uso agrícola predominante das terras compreende o cultivo anual com soja (Figura 2b).

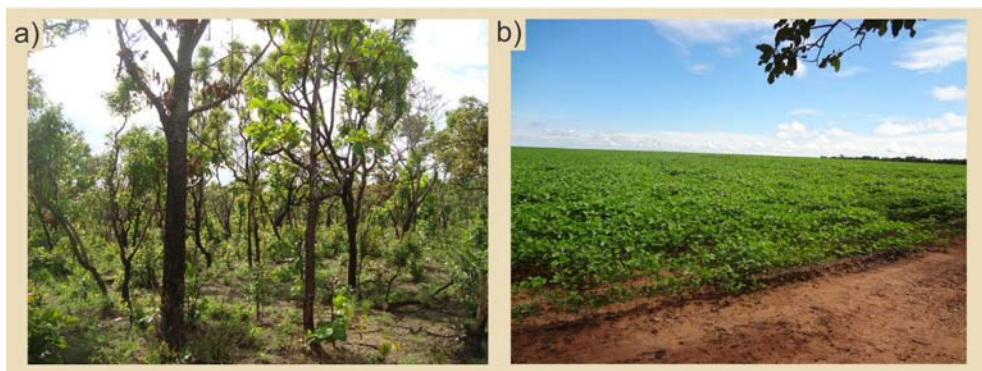


Figura 2. Vegetação representativa do Cerrado (sentido restrito) (a) e lavouras de soja típicas da região (b). Fonte: Do autor.

3 Relação solo – paisagem

Diante da variação da laterização, intemperismo e erosão, há grande diversidade pedológica, com destaque para a presença de cascalhos e calhaus, textura (com cascalho, cascalhenta ou muito cascalhenta), tipo de horizonte superficial e sub-superficial. Quanto aos solos, são observados Plintossolos Pétricos e Latossolos Vermelhos, Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos. De maneira geral, os Plintossolos ocorrem nas cotas altimétricas mais elevadas e os Latossolos nas inferiores. Esta distribuição é possível pelo controle estrutural promovido pela petroplintita, preservando a paisagem dos processos erosivos (Coelho et al.,

2012).

Os solos e a forma de relevo representativo em cada porção da paisagem são descritos a seguir:

1 e 2 – Plintossolos Pétricos Concrecionários típicos, associados à Plintossolos Pétricos Litoplínticos ou Cambissolos Háplicos Tb Distróficos latossólicos petroplínticos - ocorrem em pendentes longas e planas a suave onduladas.

3 – Latossolos Vermelhos Ácricos típicos ou petroplínticos – ocorrem em pendentes longas e planas a suave onduladas.

4 – Latossolos Vermelho-Amarelos Ácricos petroplínticos - ocorrem em pendentes longas e planas a suave onduladas.

5 – Latossolos Amarelos Ácricos plínticos - ocorrem na parte mais baixa do terreno e áreas planas.

Nos pontos 1 e 2 ocorre predomínio de espessos pacotes com petroplintitas na forma de nódulos e/ou concreções, ambas de ferro de diversos tamanhos e com grande variação da distribuição ao longo do perfil, sendo estes essencialmente cascalhentos a muito cascalhentos. A variação do grupamento textural, da profundidade de ocorrência do horizonte concrecionário e da presença de horizonte litoplíntico ao longo do perfil é frequente. Nos perfis é observada a presença de cascalhos e, em menores proporções, calhaus recobrimdo praticamente 100% da superfície do terreno.

Nos pontos 3, 4 e 5 ocorrem materiais altamente intemperizados, com solos de textura argilosa a muito argilosa e amarelados nas partes mais baixas da paisagem. A profundidade dos solos é variável em função da presença de petroplintita e/ou plintita. Em termos gerais, os solos variam quanto à cor, presença ou não de petroplintita, ocorrência e profundidade do horizonte concrecionário ao longo do perfil.

4 Dados pedológicos

4.1 Plintossolos Pétricos Concrecionários típicos

Estes solos têm muitas características e atributos influenciados e herdados da expressiva quantidade de petroplintita, na classe do cascalho (2 a 20 mm) e/ou calhau (20 mm a 20 cm), com muitos casos de matações (>20 cm). Ocorre variação do grupamento textural, profundidade de ocorrência do horizonte concrecionário e presença de horizonte litoplíntico ao longo do perfil de solo (Figura 3).

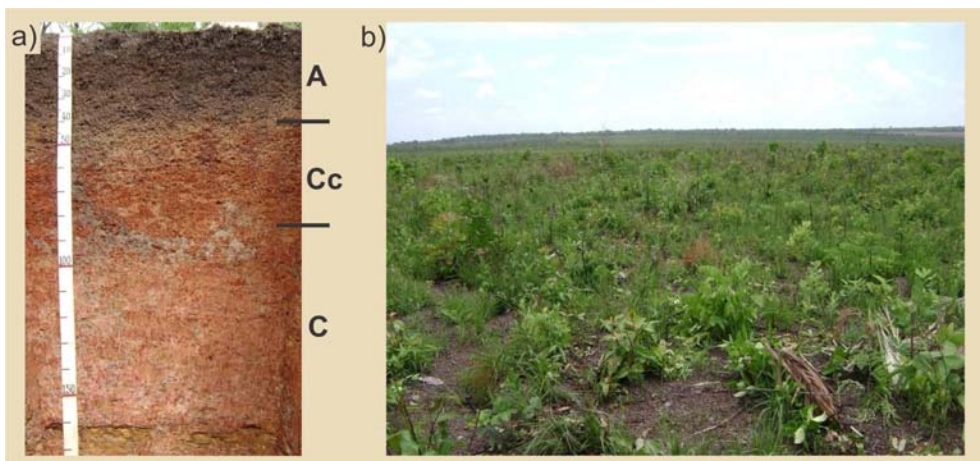


Figura 3. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Plintossolo Pétrico Concrecionário típico. Fonte: Do autor.

Apresenta a sequência de horizontes A-C e geralmente também os transitórios AC e CA, sendo comum mais de um horizonte CA e em subsuperfície os horizontes Cf ou C (Quadro 1). Em geral tem grande espessura do horizonte superficial. A composição das frações granulométricas tem grande participação da petroplintita, indicada com o sufixo "c" na nomenclatura dos horizontes. O material é classificado como esquelético quando o volume de petroplintitas no solo for >35 e $< 90\%$ de material maior que 2 cm.

A estrutura é granular e fracamente desenvolvida, de tamanho muito pequeno. A consistência molhada é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e a transição entre horizontes plana e clara em superfície e difusa em subsuperfície. Os teores de silte são expressivos em todo o perfil, como observado pela alta relação silte/argila, os teores de areia grossa e areia com variação entre perfis, assim como de argila, caracterizando as classes texturais média ou argilosa, esquelética (superfície) e muito cascalhenta (subsuperfície).

Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez potencial. Em função dos baixos valores de CTC efetiva ($\leq 1,5$ $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e valores de pH (KCl) superiores ao pH (água) ou valores do pH (KCl) $\geq 5,0$, constata-se a eletropositividade dos minerais da fração argila, indicando a presença do caráter ácrico. Os teores de carbono orgânico (Corg) são expressivos no horizonte superficial.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Plintossolo Pétrico Concrecionário típico. Dados extraídos de Coelho et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
Ac1	0-15	260	151	362	227	1,59
Ac2	15-28	438	137	262	163	1,61
Ac3	28-42	331	147	318	204	1,56
Cc	42-85	165	116	271	448	0,60
C1	85-122	96	120	315	469	0,67
C2	122-160+	81	124	368	427	0,86

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
Ac1	5,0	0,8	1,4	0,20	0,01	12,2	1,1	15,7
Ac2	5,2	0,8		0,09	0,01	4,3	0,6	5,8
Ac3	5,4	0,7		0,09	0,01	4,3	0,6	5,7
Cc	5,7	0,2	1,0	0,07	0,01	2,5	0,1	3,9
C1	5,9	7,9	3,5	0,04	0,01	1,7	0,0	13,1
C2	5,7	0,7	0,5	0,03	0,01	2,1	0,2	3,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Ac1	31	15	2	34,8
Ac2	40	16	1	11,0
Ac3	43	14	1	8,5
Cc	7	33	1	4,2
C1	0	87	1	2,4
C2	14	34	1	1,7

4.2 Latossolos Vermelhos Ácricos típicos ou petroplínticos

Diferentemente dos solos anteriores, estes apresentam características e atributos decorrentes da intemperização da rocha ou mesmo das lateritas. São profundos, vermelhos e muito argilosos, como resultado do intemperismo químico, pelo processo de ferralitização ou latolização, com remoção de sílica e bases, formação de caulinita e óxidos de ferro (hematita ou goethita) e alumínio (gibbsita)

(Figura 4).

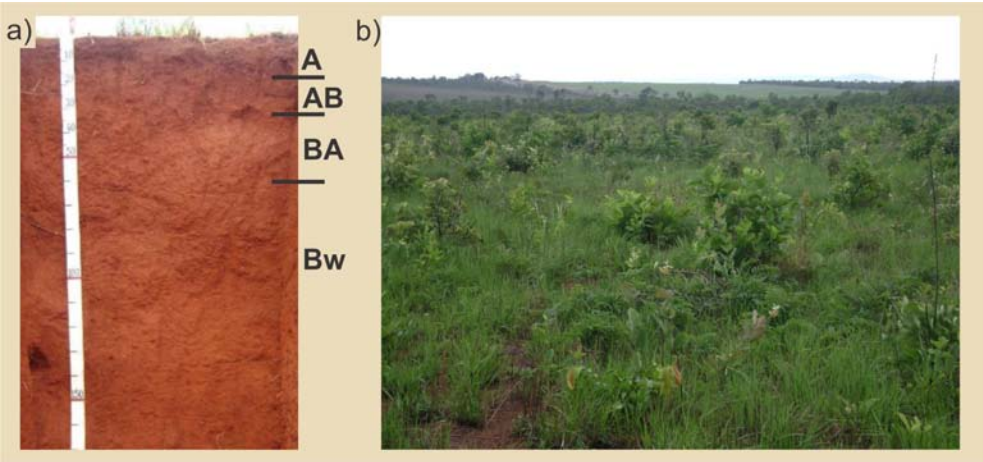


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Vermelho Ácrico típico. Fonte: Do autor.

Apresentam a sequência de horizontes A-B, com presença comum dos transicionais AB e BA (Quadro 2). Observa-se a presença de petroplintita em todos os horizontes ao longo do perfil que pode alcançar valores superiores a 5% em volume em um ou mais horizontes do perfil, sendo desta forma classificados como petroplínticos.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Vermelho Ácrico típico. Dados extraídos de Coelho et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-16	35	112	283	570	0,50
AB	16-28	49	114	267	570	0,47
BA	26-58	49	116	245	590	0,42
Bw1	58-89	47	116	227	610	0,37
Bw2	89-145	35	126	229	610	0,38
Bw3	145-200 ⁺	39	120	231	610	0,38

Quadro 2. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A	5,1	0,4		0,07	0,01	11,2	0,4	12,1
AB	5,3	0,3		0,01	0,01	9,1	0,2	9,6
BA	5,5	0,5		0,01	0,01	8,0	0	8,5
Bw1	5,6	0,5		0,01	0,01	6,7	0	7,2
Bw2	5,8	0,3		0,01	0,01	5,9	0	6,2
Bw3	5,9	0,5		0,01	0,01	5,2	0	5,7

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
A	44	4	1	18,4
AB	40	3	1	12,3
BA	0	6	1	10,1
Bw1	0	7	1	7,2
Bw2	0	5	2	5,3
Bw3	0	9	1	4,2

A estrutura é granular, fortemente desenvolvida e muito pequena ou pequena (forte microagregação), sendo a consistência molhada ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e, com a transição entre horizontes difusa em subsuperfície. Os teores de argila são expressivos em todo perfil sendo identificada a classe textural muito argilosa, podendo ser com cascalho ou cascalhenta. Não se verifica o aumento significativo em profundidade do teor de argila (ausência de gradiente textural elevado). Os teores de silte superam a soma dos teores de areia grossa e fina.

Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez. Pelos baixos valores de CTC efetiva ($\leq 1,5$ cmol_c kg⁻¹) e valores de pH (KCl) superiores ao pH (água) ou valores do pH (KCl) $\geq 5,0$, destaca-se a eletropositividade dos minerais da fração argila, indicando a presença do caráter ácido.

4.3 Latossolos Vermelho-Amarelos Ácricos petroplínticos

Estes solos ocorrem na paisagem entre os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Amarelos e com muitas características e atributos decorrentes da intemperização da rocha ou mesmo da laterita. São profundos, vermelho-amarelos e de textura argilosa, como resultado intemperismo químico pelo processo de ferralitização ou latolização, com remoção de sílica e bases, formação de caulinita e óxidos de ferro (hematita ou goethita) e alumínio (gibbsita) (Figura 5).

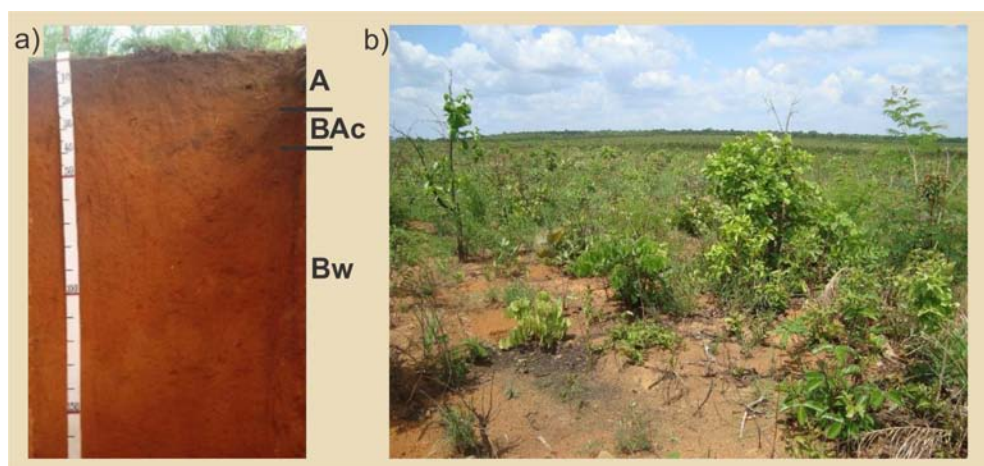


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico petroplíntico. Fonte: Do autor.

Apresentam a sequência de horizontes A-B, geralmente com ausência do horizonte transicional AB (Quadro 3). A presença de pequena quantidade de petroplintita em todos os horizontes ao longo do perfil alcançam valores no mínimo superiores a 5% em volume em um ou mais horizontes do perfil caracterizando o petroplíntico.

A estrutura é granular, fortemente desenvolvida e muito pequena ou pequena (forte microagregação), sendo a consistência molhada ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e, com a transição entre horizontes difusa em subsuperfície. Os teores de argila são expressivos em todo o perfil, predominando a textura argilosa, frequentemente cascalhenta, sem gradiente textural elevado. Os teores de silte superam a soma dos teores de areia grossa e fina.

Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez. Pelos baixos valores de CTC efetiva ($\leq 1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e valores de pH (KCl) superiores ao pH (água) ou valores do pH (KCl) $\geq 5,0$, sendo observado o caráter ácido.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico petroplíntico. Dados extraídos de Coelho et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg^{-1})				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A1	0-11	43	141	317	499	0,64
A2	11-22	41	160	222	577	0,38
BAC	22-36	40	136	253	571	0,44
Bw1	36-81	25	169	213	593	0,36
Bw2	81-126	27	164	213	596	0,36
Bw3	126-154	29	149	228	594	0,38
Bw4	154-200	20	137	252	591	0,43

Horizontes	pH H_2O	Complexo sortivo – $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ³⁺	CTC _{pH7}
A1	4,3	0,8		0,01	0,01	7,9	0,7	9,4
A2	5,1	0,3		0,01	0,01	5,8	0,4	6,5
BAC	5,1	0,3		0,01	0,01	4,0	0,2	4,5
Bw1	5,1	0,2		0,01	0,01	2,6	0,1	2,9
Bw2	5,2	0,2		0,01	0,01	2,1	0	2,3
Bw3	5,4	0,1		0,01	0,01	0,8	0	0,9
Bw4	5,5	0,1		0,01	0,01	0,5	0	0,6

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg^{-1}	g kg^{-1}
A1	47	9	2	22,9
A2	57	5	1	15,4
BAC	40	7	1	12,8
Bw1	33	7	2	7,6
Bw2	0	9	2	4,4
Bw3	0	11	2	3,8
Bw4	0	17	2	2,6

4.4 Latossolos Amarelos Ácricos plínticos

Estes solos ocorrem na parte baixa da paisagem em cabeceira de drenagem e com muitas características e atributos adquiridos da intemperização da rocha ou mesmo da laterita. É profundo, amarelado e textura argilosa, como resultado do intemperismo químico pelo processo de ferralitização ou latolização, com remoção de sílica e nutrientes, formação de caulinita e óxidos de ferro (goethita) e alumínio (gibbsita) (Figura 6).

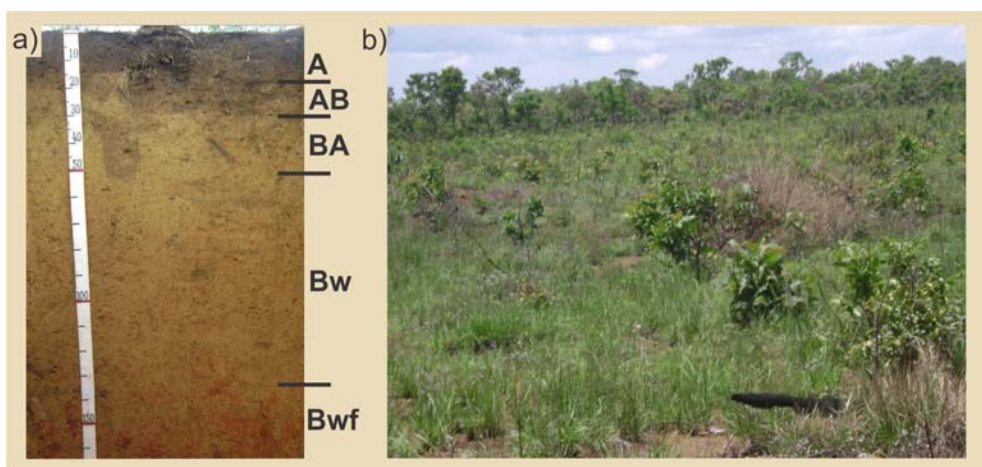


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Amarelo Ácrico plíntico. Fonte: Do autor.

Apresenta a sequência de horizontes A-B, geralmente com os transicionais AB e BA (Quadro 4). A presença de plintita, de colorações amareladas, variegadas e de mosqueados nos horizontes mais profundos indicam condições redoximórficas atuais (saturação temporária com água em horizontes e/ou camadas, que induzam a ocorrência de processos de redução e oxidação), sendo denominado de horizonte Bwf.

A estrutura é granular, fortemente desenvolvida e muito pequena ou pequena (forte microagregação), tendo a consistência molhada ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa e, com a transição entre horizontes tornando-se difusa em subsuperfície.

Os teores de argila são expressivos em todo perfil, sendo identificada a classe textural argilosa, podendo ser com cascalho e sem a presença de gradiente textural. Os teores de silte superam a soma dos teores de areia grossa e fina.

Os teores de nutrientes Ca, Mg, K e P são baixos, assim como a CTC, na qual predomina a acidez. Pelos baixos valores de CTC efetiva ($\leq 1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e valores de pH (KCl) superiores ao pH (água) ou valores do pH (KCl) $\geq 5,0$, sendo observado o caráter ácido.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico plúntico. Dados extraídos de Coelho et al. (2012).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg^{-1})				Relação Silte - Argila
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	
A	0-17	82	143	266	509	0,52
AB	17-28	69	150	253	528	0,48
BA	28-50	53	132	267	548	0,49
Bw1	50-85	53	160	239	548	0,44
Bw2	85-133	43	140	268	549	0,49
Bwf	133-180	53	134	245	568	0,43

Horizontes	pH H_2O	Complexo sortivo – $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$						CTC _{pH7}
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	H^+	Al^{3+}	
A	4,4	0,6		0,13	0,01	13,1	0,6	14,4
AB	4,7	0,4		0,09	0,01	10,2	0,4	11,1
BA	5,1	0,5		0,03	0,01	8,4	0,1	9,0
Bw1	5,3	0,3		0,01	0,01	7,4	0,1	7,8
Bw2	5,6	0,4		0,01	0,01	6,7	0	7,1
Bwf	5,7	0,5		0,01	0,01	6,0	0	6,5

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg^{-1}	g kg^{-1}
A	46	5	1	20,5
AB	44	4	1	13,7
BA	17	6	1	8,8
Bw1	25	4	1	7,0
Bw2	0	6	1	4,9
Bwf	0	8	1	3,3

5 Feições morfológicas típicas

Nos Plintossolos Pétricos destaca-se a presença de petroplintitas de tamanhos variados (Figura 7), desde cascalho, calhaus e matacões, ocorrendo ao longo de todo o perfil, no caso dos cascalhos e calhaus, levando a classificação de “com cascalho”, “cascalhento” ou mesmo “esquelético”, conforme o volume ocupado no perfil. Regionalmente as petroplintitas de tamanho de matacões e contínua podem ser conhecidas como “canga”, “piçarra”, “carapaça” ou “laterita”.

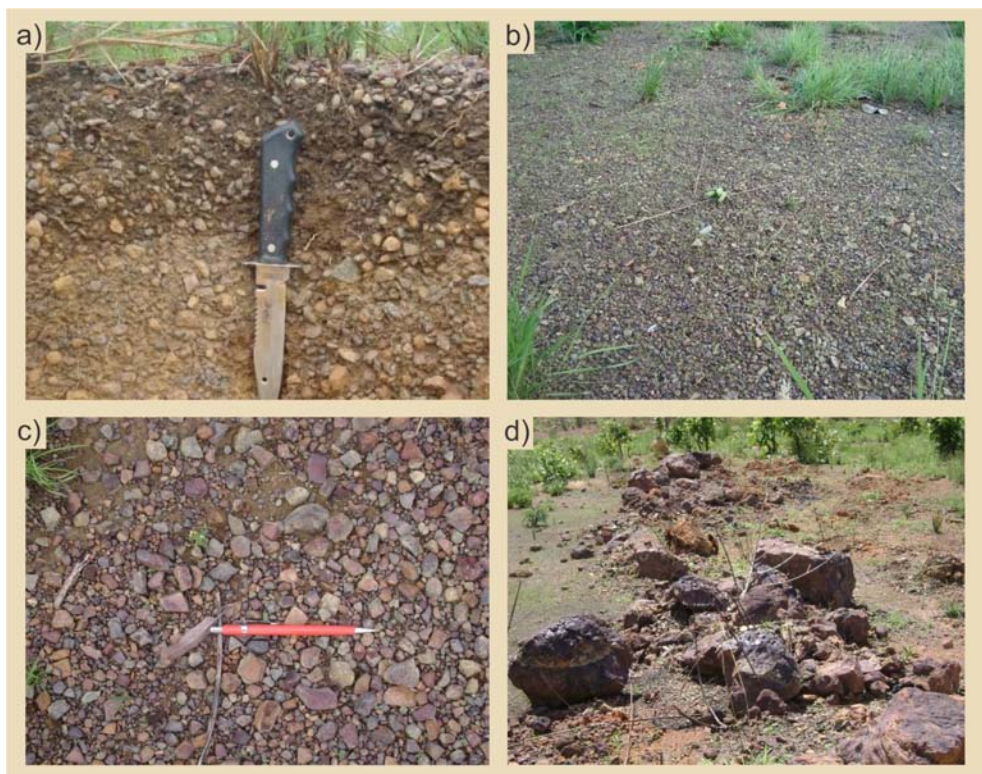


Figura 7. Petroplintita na forma de concreções ao longo do perfil (a); petroplintita na superfície (b e c) e matacão petroplíntico em Plintossolos (d). Fonte: Do autor.

Nos Latossolos ocorre a estrutura do tipo “pó de café”, caracterizada por pedos (unidade estrutural ou agregado) fortemente desenvolvidos, com tamanho que varia de muito pequeno a pequeno e formato granular. Adicionalmente, a petroplintita de tamanho de cascalho é denominada popularmente de “chumbo de caça” (Figura 8).

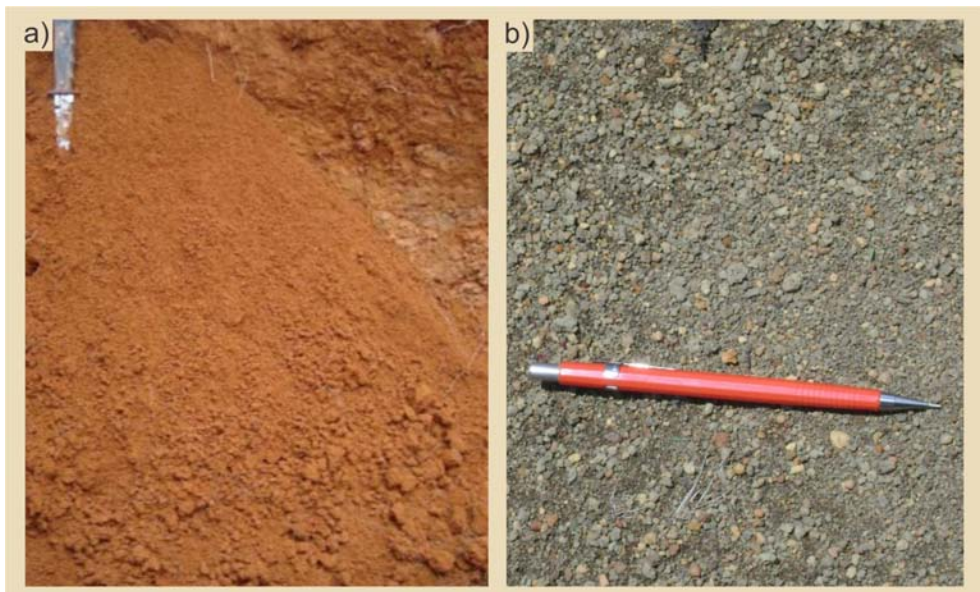


Figura 8. Estrutura tipo “pó de café” (a) e petroplintita de tamanho cascalho – “chumbo de caça” (b) em Latossolos. Fonte: Do autor.

6 Limitações de uso agrícola

Para os Plintossolos, observa-se severa limitação ao cultivo devido à presença expressiva da petroplintita, conferindo pedregosidade. Destaca-se a baixa capacidade de armazenamento de água, reduzido volume de solos a ser explorado pelas raízes e baixa disponibilidade de nutrientes. Ainda, apresentam elevada restrição à mecanização pelo grande desgaste de implementos agrícolas e alta suscetibilidade à erosão hídrica pela fraca agregação do solo.

Os Latossolos, por outro lado, apresentam restrições de ordem química. Em função do elevado grau de intemperização estes solos possuem baixa capacidade de fornecer nutrientes, e a alta capacidade fixação de fósforo, principalmente devido aos elevados teores de óxidos de ferro e alumínio. A presença de nódulos petroplínticos propicia a redução do volume de solos explorado pelas raízes, da porosidade total e da capacidade de armazenamento de água, contribuindo desta forma para a redução do potencial agrícola.

7 Potencial de uso das terras

Na área dos Plintossolos, mesmo sendo observada uma maior disponibilidade de nutrientes no horizonte superficial, as condições impostas pela expressiva quantidade de petroplintita, propiciam uma grande restrição de uso.

Os Latossolos, por sua vez, são os solos de maior potencial agrícola na área estudada por serem profundos, bem drenados, friáveis, de elevada porosidade, sem impedimento à mecanização agrícola. As condições físicas favoráveis com boa permeabilidade, retenção de água e agregação indicam baixa erodibilidade.

Contudo, a ocorrência do caráter ácrico caracteriza baixa fertilidade natural, sendo verificada deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo pela forte adsorção que diminui a sua disponibilidade

Através do manejo da fertilidade do solo, principalmente da adubação fosfatada, o potencial agrícola torna-se alto. A aplicação de calagem para correção e fonte de nutrientes como Ca e Mg e adubação para aumento dos demais nutrientes (condição química), associado a arranjos produtivos que favoreçam alto aporte de matéria orgânica no solo e cobertura do solo, incluindo as gramíneas como as braquiárias em geral, também são alternativas que podem contribuir para o aumento da fertilidade destes solos.

8 Considerações finais

Na área de estudo são observados solos com grande variação da sua composição, tendo em uma pequena distância, desde solos muito rasos com severa pedregosidade, até aqueles extremamente profundos com textura que varia de argilosa a muito argilosa.

O relevo plano ou suave ondulado favorece o cultivo agrícola. A grande ocorrência de petroplintita nos Plintossolos indica elevada restrição mecânica (raízes e implementos) e alto grau de erodibilidade. Nos Latossolos, a baixa capacidade de troca de cátions e o caráter ácrico propicia limitações quanto à retenção e disponibilização de nutrientes, especialmente do fósforo.

O planejamento de uso agrícola destas áreas deve ser realizado com o emprego de práticas conservacionistas, considerando a elevada suscetibilidade à degradação, especialmente dos Plintossolos, e dos baixos teores de nutrientes e matéria orgânica nos Latossolos.

9 Referências

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RadamBrasil. Folha SC.22. Tocantins: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981.

Coelho MR, Fontana A, Avanzi JC, Ummus ME, Martins AL, Oliveira, AP, Costa T, Cirqueira AL, Dart RO, Áglio MLD. Solos do campo experimental de Buritirana da Embrapa Pesca e Aquicultura, Município de Palmas – TO. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 214).

Dantas ME, Shinzato E, Carvalho Filho A, Teixeira WG, Rocha MG, Machado MF. Origem das paisagens do estado do Tocantins. In: Rocha, M. G. (Ed.) Geodiversidade do Estado do Tocantins, Goiânia: CPRM, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PROVÍNCIAS estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos, regiões fitoecológicas e outras áreas. Rio de Janeiro: IBGE, 2019a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101648>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas Continentais do Brasil. 2019b https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf

Oliveira, DC, Mohriak WU. Jaibaras trough: an important element in the early tectonic evolution of the Parnaíba interior sag basin, Northern Brazil. Marine and Petroleum Geology, Guildford, v.20, 2003, p.351-383.

Ribeiro JF, Walter BMT. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF. Cerrado: ecologia e flora / editores técnicos, Embrapa Cerrados. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

Rocha MG, Frasca AAS. Contexto geológico do estado do Tocantins. In. Geodiversidade do estado do Tocantins. In: Rocha MG (editor). Goiânia: CPRM, 2019.

Sano EE, Rodrigues AA, Martins ES, Bettiol GM, Bustamante MMC, Bezerra AS, Couto AF, Vasconcelos V, Schüler J, Bolfe EL. Cerrado ecoregions: A spatial framework

to assess and prioritize Brazilian savana environmental diversity for conservation. J. Environ. Manag. 2019; 232:818–828.

Thornthwaite CW, Mather JR. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in climatology, v. 8, n. 1).

Vaz PT, Rezende NGAM, Wanderley Filho JR, Travassos WAS. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, 2007, p.253-263.



Solos da região Sul Amazonense

Luís Antônio Coutrim dos Santos¹, Milton César Costa Campos².

¹ Universidade do Estado do Amazonas

² Universidade Federal da Paraíba

1 Introdução

O território brasileiro conta com 6 biomas, sendo o Bioma Amazônia o de maior dimensão, com aproximadamente 4,2 milhões de km² de extensão, o que corresponde a 49,3% do território nacional. Possui comunidades predominantemente florestais, de vegetação floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta, mas também são encontradas áreas de savanas e campinaranas (IBGE, 2004). Na região Amazônica, a combinação dos agentes bioclimáticos, as características do material de origem e as boas condições de drenagem contribuem para a formação de solos profundos e com avançado estágio de intemperismo (Schaefer et al., 2017).

Apesar da grande importância da região Amazônica, ainda hoje, as informações e distribuição dos solos na mesorregião Sul Amazonense são baseadas, especialmente, em levantamentos generalizados, pois poucos são os trabalhos que abordam os solos da região de forma mais detalhada. De forma geral, os solos da região são descritos como solos de baixa fertilidade natural, capacidade de troca de cátions e de reações ácidas (Cunha et al., 2007).

Neste contexto, a relação solo-paisagem da região é destacada por Martins et al. (2006) como sendo composta por campos naturais não contínuos (várias unidades isoladas), entremeados por floresta tropical, refletindo as condições dos solos em cada ambiente fisiográfico (Campos et al., 2012a). Portanto, na região se reconhece a existência de duas paisagens completamente distintas: ambientes de terras firmes (compostos por solos situados acima das áreas de influência dos rios e que, não passam por processos de hidromorfismo ou inundação fluvial) e os ambientes de várzeas (compostos por solos que sofrem a influência dos rios, passam por inundação fluvial e processos de hidromorfismo periódicos).

De acordo com Schaefer et al. (2017), nas áreas de várzeas há predominância de solos muito jovens, com processos incipientes de pedogênese e formação a partir de sedimentos recentes do Quaternário, por sua vez, nas áreas de terras firmes, os solos apresentam elevado grau de evolução pedológica, os quais são formados a partir de sedimentos do Terciários ou de rochas cristalinas.

Neste cenário, de acordo com Campos et al. (2012a), as principais feições pedológicas do ambiente das várzeas da região são os Neossolos Flúvicos ou Gleissolos os quais geralmente apresentam caráter eutrófico. Nos pedoambientes de terras firmes os principais solos são os Latossolos e Argissolos Amarelos, ambos com caráter distrófico, sendo comum também a presença do caráter alumínico.

2. Caracterização ambiental

O texto aborda a mesorregião Sul Amazonense (Figura 1), mais precisamente a região do Médio Rio Madeira. A qual situa-se no grupo climático A (clima úmido tropical, sem estação fria e com temperatura superior a 18°C), tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com chuvas inferiores a 60 mm nos meses secos. De acordo com Brasil (1978), a pluviosidade média anual está limitada pelas isoietas de 2.250 e 2.750 mm, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. A temperatura média anual é superior a 26 °C (Alvares et al., 2014) e a umidade relativa média do ar varia entre 85 e 90% (Brasil, 1978).

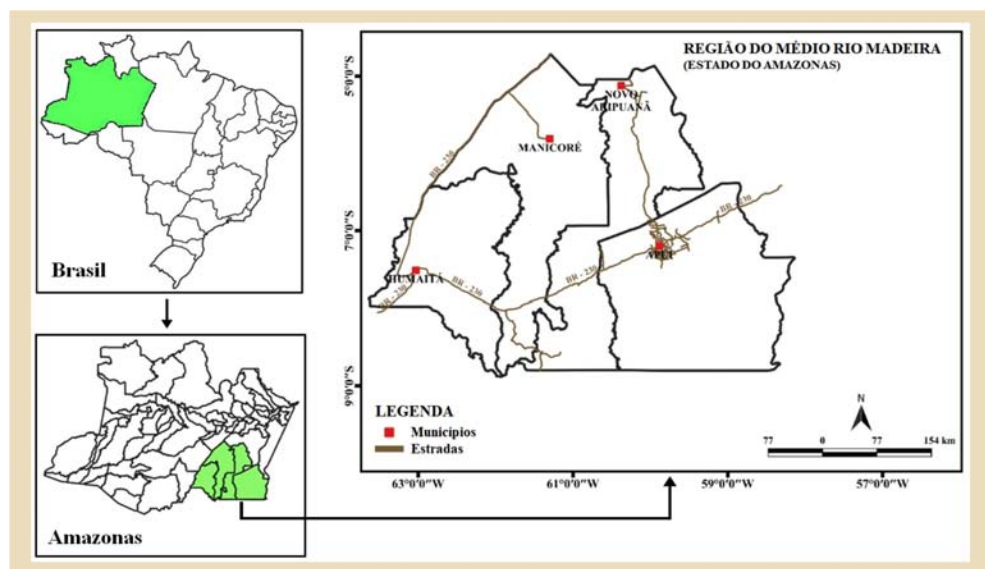


Figura 1. Mesorregião Sul Amazonense. Fonte: Dos autores.

A mesorregião Sul Amazonense apresenta de forma genérica três diferentes fisiografias: várzea/terra firme, campo/floresta e áreas de relevo movimentado (Campos et al., 2011). O complexo de vegetação de campo/floresta, abrangem desde o sul do estado do Amazonas até o norte do estado de Rondônia, uma área estimada em 3.418 km², recebendo a denominação de “Campos de Puciarí-Humaitá” na região do município de Humaitá (Vidotto et al., 2007). De acordo com Braun & Ramos (1959), os campos de Puciarí-Humaitá abrangem aproximadamente 629,92 km², em transição com as florestas e, apresentam aspectos fisio-

nômicos característicos, que pode ser resumido na seguinte sequência: floresta – cerrado – campo sujo – campo.

A geologia da região é variada, com presença de materiais de diversas idades geológicas e de diferentes naturezas, dentre os substratos geológicos que predominam na região, conforme Brasil (1978), pode-se destacar:

a) Aluviões Atuais Holocênicos: sedimentos derivados de deposições fluviais, formados por argilas, siltes e areias predominantemente finas, de granulação comumente decrescente da base para o topo, com cascalhos subordinados.

b) Sedimentos da Formação Solimões do Plioceno Médio – Pleistoceno Superior: são derivadas de deposição em ambiente continental fluvial ou lacustre, fácies planície de inundação.

c) Aluviões Indiferenciados: são procedentes cronologicamente do Holoceno. Os sedimentos são provenientes de dois ciclos de sedimentação: i) bancos arenosos, inferiores, que representam a sedimentação plúvio-fluvial e ii) sedimentos argilosos superiores, indicando sedimentação lacustrina. Sendo constituído por argilas, siltes e areias muito finas a grossas.

d) Granitos Rondonianos: São caracterizados pela presença de granitos, muscovita, biotita, adamelitos e granodioritos, de origem intrusiva cratogênicos em forma de “stocks” e batólitos.

3. Relação solo – paisagem

As classes de solos presentes na região, de acordo com o Zoneamento Ecológico e Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas (2008), variam com as fisiografias onde eles se encontram. Seguindo a relação solo-paisagem, nas áreas de várzeas ocorrem as classes dos Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos, por sua vez, na terra firme os Latossolos Amarelos ou Latossolos Vermelho-Amarelos e, na transição entre os ambientes, os Argissolos Amarelos ou Argissolos Vermelho-Amarelos. Nas paisagens formadas por ambiente fisiográfico campo/floresta (Figura 2), ocorrem os Plintossolos Háplicos, Cambissolos Háplicos e Gleissolos Háplicos nas áreas de campos naturais e os Argissolos Amarelos ou Vermelho-Amarelos e Latossolos Amarelos ou Vermelho-Amarelos nas áreas de florestas e normalmente com a presença dos Cambissolos Háplico na área de transição (Campos, 2009).

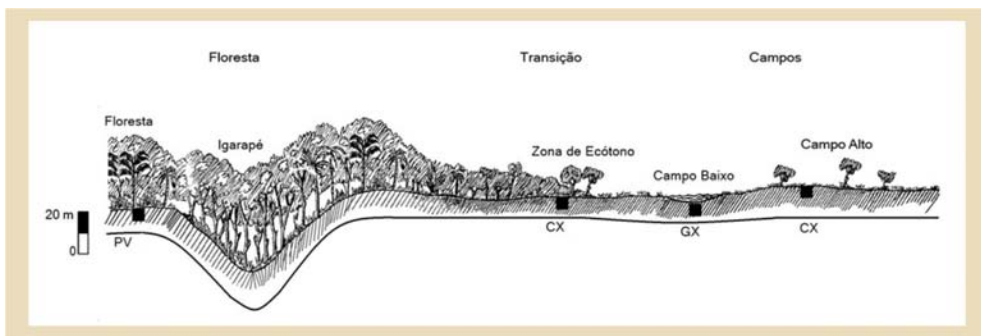


Figura 2. Perfil esquemático mostrando a vegetação, relevo e as principais classes de solos encontradas na transição Campos/Floresta na região de Humaitá, AM. PV: Argissolo Vermelho; CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico. Fonte: Adaptado de Braun e Ramos (1959) por Campos et al. (2012b).

4 Dados pedológicos

4.1 Solos de Terra Firme-Várzea

4.1.1 Latossolos Amarelos Alumínicos típicos

Solos em ambiente de terra firme desenvolvidos sob floresta tropical subperenifolia (Figura 3), situado a margem do rio Madeira, coletado na floresta nacional de Humaitá (FLONA). São solos profundos formados a partir de sedimentos terciário da Formação Solimões. Apresentam sequência de horizontes A-AB-BA-Bw-1-Bw2-Bw3-Bw4. A textura é franco-argilosa nos horizontes superficiais e argila nos horizontes subsuperficiais, apresentam teor de argila variando de 45 a 57%. A estrutura varia de blocos subangulares a granular, com moderado grau de desenvolvimento. A transição para o horizonte Bw1 é gradual e plana.

São solos distróficos com baixo teor de saturação por base (< 5%) e alta saturação por alumínio variando de 93 a 96%. Apresentam baixos valores de pH (4,6), os quais são característicos para solos da região. Os teores de fósforo são abaixo de 1 mg kg⁻¹. Por ser coletado em ambiente de mata nativa, a matéria orgânica no horizonte superficial apresenta valor superior a 23 g kg⁻¹. O índice Ki apresenta valores abaixo de 1,2, característicos de Latossolos (Quadro 1).

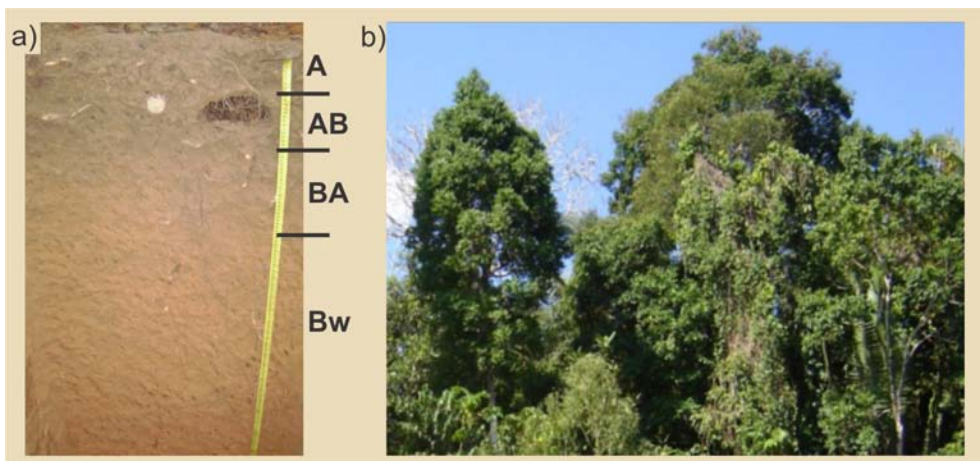


Figura 3. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Latossolo Amarelo Aluminico típico. Fonte: Dos autores.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Latossolo Amarelo Aluminico típico. Dados extraídos de Campos et al. (2012b).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Grau de flocculação (%)	Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila		
A	0-16	307	240	453	87	0,53
AB	16-30	299	231	470	97	0,49
BA	30-48	267	251	482	99	0,52
Bw1	48-79	247	250	503	100	0,50
Bw2	79-115	198	230	572	100	0,40
Bw3	115-149	197	290	513	100	0,57
Bw4	149-180	161	312	527	99	0,59

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
A	4,6	0,1	0,0	0,08	0,03	4,4	12,5	12,8
AB	5,0	0,2	0,0	0,03	0,03	5,1	13,2	13,4
BA	4,5	0,2	0,0	0,03	0,03	5,4	12,8	13,0
Bw1	4,6	0,3	0,0	0,03	0,02	5,5	11,9	12,3
Bw2	5,3	0,3	0,0	0,03	0,03	6,1	11,9	12,3
Bw3	4,5	0,2	0,0	0,03	0,03	6,2	12,5	12,7
Bw4	4,7	0,2	0,0	0,04	0,03	6,4	11,9	12,3

Quadro 1. Continuação.

Horizontes	Al	V	Ki	C orgânico
	%			g kg ⁻¹
A	94	2	0,94	13,8
AB	96	2	1,14	7,1
BA	96	2	1,02	5,3
Bw1	95	3	0,86	4,3
Bw2	95	3	0,98	3,7
Bw3	96	2	1,16	3,5
Bw4	95	3	1,11	3,1

4.1.2 Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos gleissólicos

Solos coletados em ambiente de várzea do Rio Madeira, formados a partir de sedimentos aluviais (Figura 4). São solos profundos (>2 metros), imperfeitamente drenados, que passam por inundações sazonais no período de enchente dos rios. Apresentam fortes feições hidromórficas, mosqueados abundantes, grandes e proeminentes. Coloração variando de bruno-acizentado-escuro a cinzento-claro, com mosqueados variando de vermelho-amarelado a vermelho. Apresentam sequência de horizontes A-AC-C-Cg1-Cg2-Cg3.

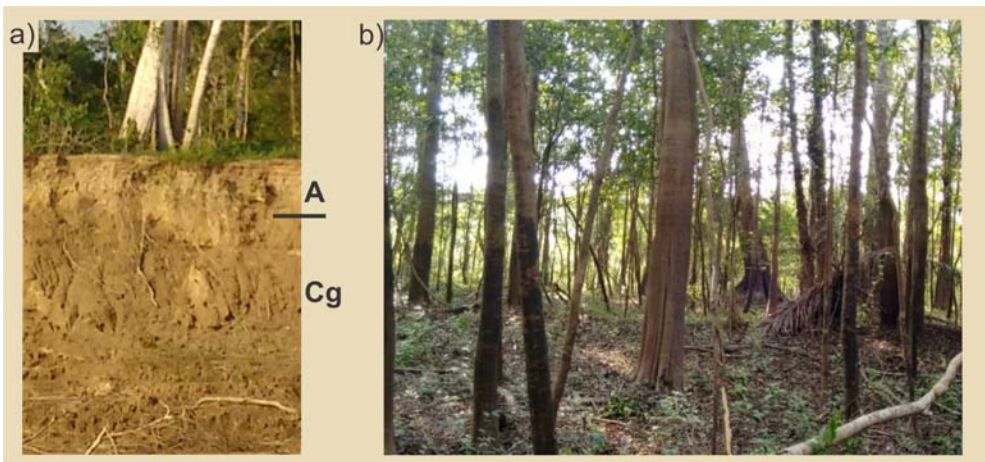


Figura 4. Perfil (a) e paisagem (b) de várzea de ocorrência do Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico. Fonte: Dos autores.

A textura é argilossiltosa em todo o perfil. A estrutura varia de granular a blocos angulares e subangulares. Os valores de pH em H₂O variam de 4,3 a 5,2. Apresenta elevada saturação por base (V% superior a 60), sendo valores característicos dos solos de várzea da região do Médio rio Madeira, elevados teores de cálcio trocável, baixa saturação por alumínio e elevados valores de CTC (Quadro 2).

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Neossolo Flúvico Ta Eutrófico gleissólico. Dados extraídos de Campos et al. (2012b).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Grau de floculação (%)	Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila		
A	0-23	3	463	534	75	0,87
AC	23-58	2	469	529	90	0,89
C	58-91	6	447	547	95	0,82
Cg1	91-123	5	415	580	96	0,71
Cg2	123-165	8	413	579	96	0,71
Cg3	165+	14	404	582	97	0,70

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
A	4,3	10,2	0,9	0,12	0,26	2,9	6,9	18,3
AC	4,5	16,3	0,8	0,13	0,23	2,6	6,5	24,0
C	4,6	24,4	0,9	0,14	0,39	2,6	8,6	34,5
Cg1	4,6	31,0	1,1	0,16	0,20	3,6	8,7	41,1
Cg2	4,8	39,4	0,8	0,14	0,22	3,2	8,4	48,9
Cg3	5,2	40,5	0,8	0,11	0,35	0,8	3,1	44,9

Horizontes	Al	V	Ki	C orgânico
	%			g kg ⁻¹
A	20	63	1,26	7,9
AC	13	73	1,05	4,8
C	9	75	1,15	3,8
Cg1	10	79	1,15	3,5
Cg2	7	83	0,75	2,8
Cg3	2	93	1,08	2,1

4.2 Solos da Transição Campo-Floresta

4.2.1 Cambissolos Háplicos Ta Alumínicos típicos

Solos coletados sob campo natural, localizados na porção alta da paisagem (topo de elevação) (Figura 5). Área com influência hidromórfica, mas sem regime de saturação sazonal, com drenagem moderada a imperfeita. Solos formados por aluviões indiferenciados ou antigos. São solos que apresentam horizontes B incipiente (Bi), moderadamente profundos a profundo (em torno de 1,6 m), apresentando cores variando de bruno-forte (7,5YR 4/6) a vermelho (2,5 YR 5/8), textura variando de franca a franca siltosa. Apresenta sequência de horizonte A-BA-Bi-B-C-Cf, com mosqueado pouco, pequeno e médio no horizonte BC e presença de plintitas no horizonte Cf. Apresenta baixos valores de pH ($<4,9$), e altos valores de alumínio trocável ($2,9$ a $6,3$ $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Apresentam saturação por bases inferior a 5% e saturação por alumínio superior a 91% (Quadro 3). O índice Ki é baixo, apresentando valores inferiores a 1,1.

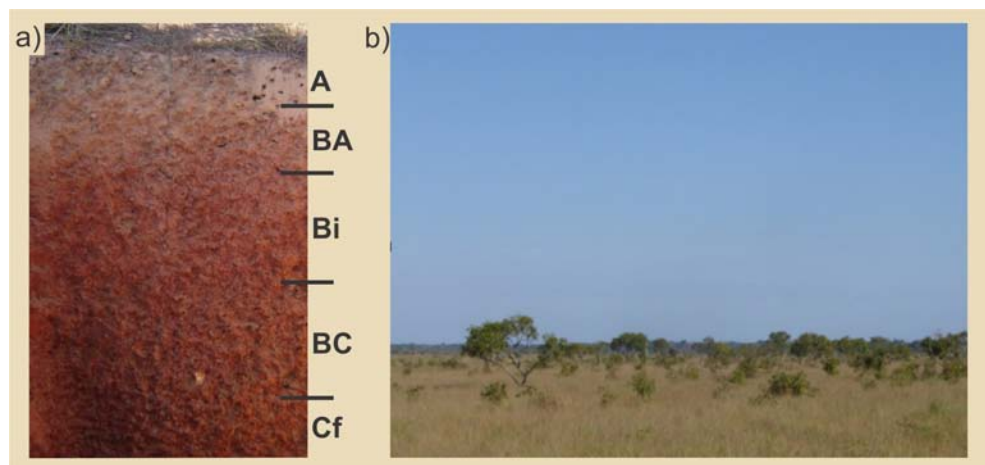


Figura 5. Perfil (a) e paisagem (b) de campo alto de ocorrência do Cambissolo Háplico Ta Alumínico típico. Fonte: Dos autores.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico Ta Aluminico típico. Dados extraídos de Campos et al. (2012a).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Grau de floculação (%)	Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila		
A	0-14	367	451	182	75	2,47
BA	14-30	267	529	204	94	2,59
Bi	30-66	260	411	329	94	1,25
BC	66-90	328	410	262	93	1,57
Cf	90-160 ⁺	374	381	245	87	1,56

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
A	4,4	0,1	0,0	0,07	0,04	2,9	7,0	7,3
BA	4,5	0,1	0,0	0,05	0,08	3,5	7,3	7,6
Bi	4,6	0,1	0,0	0,04	0,05	5,3	9,5	9,7
BC	4,9	0,1	0,0	0,04	0,05	5,6	10,5	10,7
Cf	4,8	0,1	0,0	0,05	0,04	6,3	10,8	11,0

Horizontes	Al	V	Ki	C orgânico
	%			g kg ⁻¹
A	92	4	0,91	12,4
BA	93	3	0,90	5,7
Bi	96	2	1,15	3,0
BC	96	2	1,01	1,8
Cf	97	2	1,11	2,0

4.2.2 Gleissolos Háplicos Ta Aluminicos típicos

Solos coletados sob campo natural, localizados na parte baixa da paisagem (campo baixo) (Figura 6). Área sob forte influência hidromórfica, com o solo permanecendo saturado durante parte do período chuvoso da região. A inundação das áreas de campo baixo pela subida do lençol freático é comum na região dos campos naturais de Humaitá. Solos formados por aluviões indiferenciados ou antigos. São solos que apresentam fortes processos de gleização e sequência de horizontes A1-A2-Cg1-Cg2. Sendo moderadamente profundos e apresentando uma variação de textura de franco-siltosa para argilossiltosa.

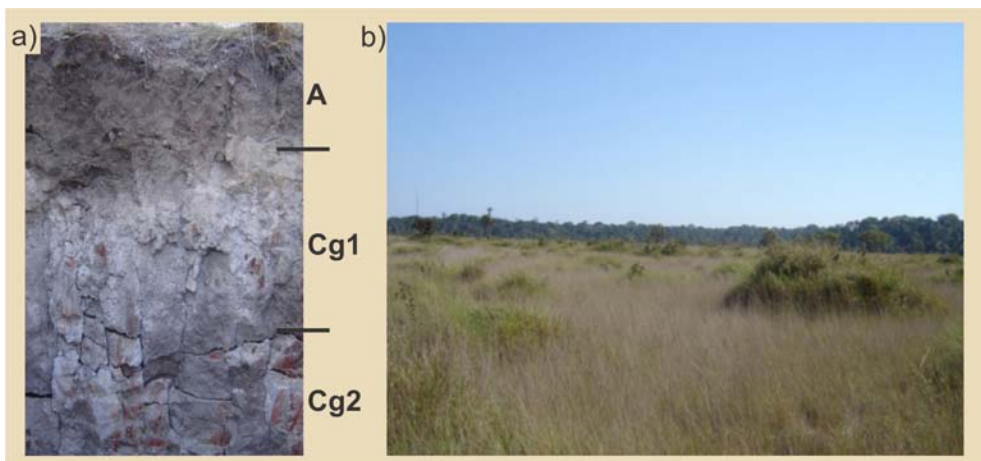


Figura 6. Perfil (a) e paisagem (b) com vegetação de campo baixo de ocorrência do Gleissolo Háplico Ta Aluminico típico. Fonte: Dos autores.

Estes solos apresentam alto valor de silte, característica comum para a região com sedimentos aluviais. Apresentam cor variando de cinzento muito escuro (10YR 3/1) no horizonte A1 a cinzento (10YR 5/1) no horizonte Cg2, com mosqueados em todos os horizontes, com exceção do A1, e estrutura prismáticas nos horizontes Cg1 e Cg2. Os valores de pH são baixos, variando de 4,4 a 5,2 (Quadro 4). Possuem caráter distrófico e aluminico, com saturação por alumínio de 90% no primeiro horizonte.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico Ta Aluminico típico. Dados extraídos de Campos et al. (2012a).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Grau de flocculação (%)	Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila		
A1	0-15	39	631	330	86	1,91
A2	15-27	48	633	319	91	1,98
Cg1	27-80	55	585	360	95	1,63
Cg2	80-115 ⁺	43	541	416	98	1,30

Quadro 4. Continuação.

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
A1	4,4	0,2	0,0	0,07	0,05	3,5	14,6	14,9
A2	4,6	0,2	0,0	0,04	0,05	4,4	14,8	15,1
Cg1	4,8	0,2	0,8	0,06	0,13	7,9	16,1	17,3
Cg2	5,2	0,2	2,2	0,11	0,21	9,2	18,2	20,9

Horizontes	Al	V	Ki	C orgânico
	%			g kg ⁻¹
A1	90	3	1,06	14,2
A2	93	2	0,79	7,9
Cg1	87	7	0,83	3,2
Cg2	77	13	0,86	2,3

4.2.3 Argissolos Vermelhos Ta Alumínicos plintossólicos

Solos coletados sob floresta mista de babaçu, em relevo topo plano. Formados a partir de sedimentos aluviais, com presença de horizonte B textural e sequência de horizontes A-AB-BA-Bt1-Bt2-BCf (Figura 7), com cores variando de bruno-amarelo-escuro para o primeiro horizonte a vermelho para o horizonte Bt2. São solos profundos (>2 metros), com textura variando de franco-siltosa para franco-argilosa.

São solos ácidos com valores de pH inferiores a 5,0 (Quadro 5) e altos teores de alumínio trocável, com valores superiores a 3,5 cmol_c kg⁻¹. Baixos teores de bases trocáveis, com saturação por base inferior a 3,5% e saturação por alumínio superior a 86% no horizonte A, com acréscimo nos horizontes subsuperficiais. O solo apresentado no Quadro 5 possui valor de carbono de 11,1 g kg⁻¹ para o horizonte A, devido ao aporte de serrapilheira, com decréscimo nos horizontes subsequentes. Apresentam feições de mosqueados para os horizontes Bt2 e BCf e presença de plintitas no horizonte BCf, suficiente para enquadramento do caráter plíntico.

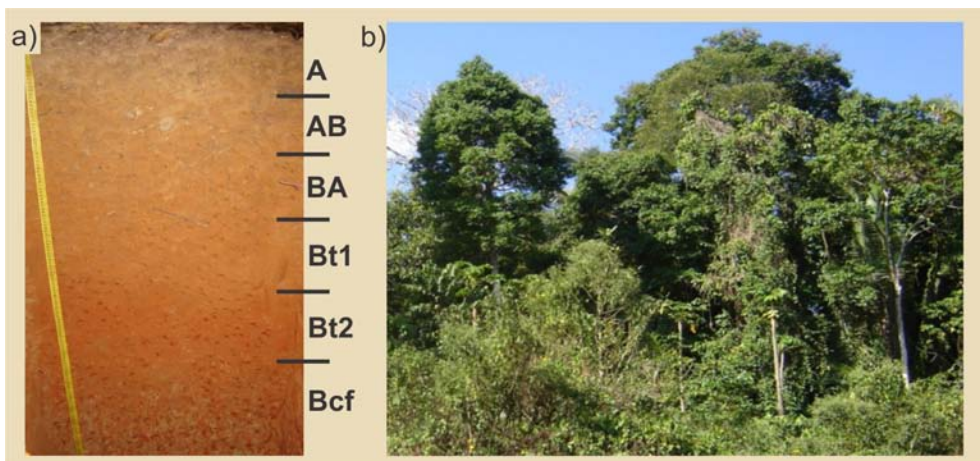


Figura 7. Perfil (a) e paisagem (b) com vegetação de floresta mista de babaçu de ocorrência do Argissolo Vermelho Ta Alumínico plintossólico. Fonte: Dos autores.

Quadro 5. Dados granulométricos e químicos do Argissolo Vermelho Ta Alumínico plintossólico. Dados extraídos de Campos et al. (2012a).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração da amostra total (g kg ⁻¹)			Grau de floculação (%)	Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila		
A	0-15	334	519	147	43	3,55
AB	15-34	317	518	165	75	3,15
BA	34-67	288	498	214	95	2,33
Bt1	67-100	233	450	317	94	1,42
Bt2	100-130	226	438	336	97	1,31
BCf	130-200 ⁺	241	443	316	90	1,40

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
A	4,0	0,2	0,1	0,16	0,03	3,5	16,1	16,6
AB	5,0	0,1	0,1	0,06	0,03	5,0	17,2	17,5
BA	4,6	0,2	0,0	0,04	0,04	5,1	17,9	18,2
Bt1	4,9	0,1	0,0	0,04	0,03	5,7	18,7	18,9
Bt2	4,8	0,1	0,0	0,04	0,04	8,6	18,6	18,8
BCf	4,5	0,2	0,0	0,07	0,04	8,0	18,9	19,2

Quadro 5. Continuação.

Horizontes	Al	V	Ki	C orgânico
	%			g kg ⁻¹
A	86	3	1,19	11,1
AB	95	1	0,85	6,4
BA	95	2	0,96	4,2
Bt1	96	1	0,86	3,0
Bt2	97	1	0,87	1,7
BCf	97	1	0,91	1,8

5 Feições morfológicas típicas

Dentre as feições morfológicas típicas encontradas nos solos apresentados são os mosqueados em diferentes tamanhos e graus de desenvolvimento e a presença de plintitas (Figura 8) que contribui para a identificação do caráter plíntico, mas que geralmente é insuficiente para a caracterização de um horizonte plíntico. De acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos, plintitas são corpos distintos de material rico em óxidos de ferro, são formadas por uma mistura de argila, pobre em carbono e rica em ferro ou ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais (Santos et al., 2013). A formação das plintitas ocorre em ambientes com flutuação de umidade ao longo do perfil do solo. Em períodos de saturação os poxidos de ferro são dissolvidos e mobilizados para fora do perfil ou concentrados em nódulos onde a maior concentração de oxigênio permite a reprecipitação dos óxidos.

6 Limitações de uso agrícola

A principal limitação ao uso agrícola é a proximidade do lençol freático a superfície do solo. O Cambissolo Háplico coletado em campo natural (campo alto) apresenta limitações de drenagem, sendo imperfeitamente drenado. O Gleissolo Háplico coletado em campo baixo é mal drenado, portanto, apresenta severas limitações, principalmente por ficar um período do ano totalmente saturado por água. O Neossolo Flúvico em área de várzea fica totalmente coberto por água em pelo menos 2 meses por ano (durante o período de cheia dos rios), desta forma é altamente limitado para o uso agrícola.



Figura 8. Presença de plintita em solos do sul do Amazonas. Fonte: Dos autores.

Ademais, outra forte limitação aos solos da região é a elevada acidez, todos os solos apresentados aqui, com exceção do solo de várzea (Neossolo Flúvico), apresentam elevada acidez, altos teores de alumínio trocável e saturação por alumínio e baixíssima saturação por base. De fato, a baixa fertilidade dos solos da região já foi relatada por diversos autores (Campos et al., 2012a, Derlamelinda et al., 2017; Franciscon et al., 2019; Fonseca et al. 2021). Outra limitação que pode ser apontada é o alto valor de silte do Gleissolo e Cambissolo, devido ao material de origem dos solos, eles apresentam elevados teores de silte que podem dificultar o manejo do solo.

7 Potencial de uso das terras

Os solos apresentam potencial de uso limitado por causa das suas características restritivas já mencionadas. Todavia, com um bom planejamento, alguns solos podem ser utilizados para uma agricultura de subsistência. O Neossolo Flúvico, por exemplo, por causa da sua alta fertilidade natural, é muito utilizado na região para o cultivo de feijão de praia (feijão caupi), cultivo de melancias e outras espécies que apresentam ciclo curto, sendo todo o cultivo iniciado e finalizado durante o período de vazante dos rios.

Os solos de campo natural após as práticas agrícolas de drenagem, calagem e adubação podem ser cultivados com culturas anuais. Atualmente os campos vem apresentando aumento no cultivo de grãos, impulsionado pelo avanço da fronteira agrícola na região.

8 Considerações finais

Os solos apresentam baixa fertilidade natural, característica típica da região, onde, excetuando os solos de várzeas, todos apresentam elevada acidez e altos valores de saturação por alumínio. Os solos da transição campo-floresta mostraram relação direta com a variação do relevo, modificando a drenagem e o nível do lençol freático, condicionando desta forma, os processos de formação dos solos.

Os solos presentes nos ambientes de várzeas apresentam uma “janela” de uso em função da sazonalidade das cheias dos rios, tendo papel importante na prestação de serviços ecossistêmicos. Já no ambiente de terra firme a principal limitação é sob o ponto de vista químico necessitando de práticas de calagem e fertilização para serem cultivados.

Os ambientes de campos naturais apresentam solos com problemas de drenagem, associados a dominância de presença de frações muito finas do solo e o relevo abaciado. Entretanto os mesmos vêm sendo resolvido com canais de drenagem para retirada da água e implantação de culturas agrícolas.

9 Referências

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Goncalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift, 22:711–728, 2014.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus. Rio

de Janeiro, 1978.

Braun EHG, Ramos JRA. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). *Revista Brasileira de Geografia*. 21:443-497, 1959.

Campos MCC. Pedogeomorfologia aplicada a ambientes amazônicos do médio Rio Madeira. Tese Doutorado em Ciência do Solo - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Souza RVCC, Almeida MC. Características mineralógicas de latossolos e argissolos na região sul do Amazonas. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*. 9:11-18, 2011.

Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Almeida MC. Toposequência de solos na transição campos naturais-floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazonica*. 42:387-398, 2012a.

Campos MCC, Ribeiro MR, Souza Júnior VS, Ribeiro Filho MR, Almeida MC. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36:325-336, 2012b.

Cunha TJF, Madari BE, Benites VM, Canelas LP, Novotny EH, Moutta RO, Trompowsky P, Santos GA. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazônica*. 37:91-98, 2007.

Delarmelinda EA, Souza Júnior VS, Wadt PGS, Deng Y, Campos MCC, Câmara ERG. Soil-landscape relationship in a chronosequence of the middle Madeira River in southwestern Amazon, Brazil. *Catena*. 149:199-208, 2017.

Fonseca JS, Campos MCC, Brito Filho EG, Mantovanelli BC, Silva LS, Lima AFL, Cunha JM, Simões EL, Santos LAC. Soil-landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. *Environmental Earth Sciences*. 80:713-728, 2021.

Franciscon U, Campos MCC, Mantovanelli BC, Santos IAC, Cunha JM, Chechi I, Oliveira IA. Soils characterization and classification in clean field, dirty field and forest

areas in amazonian environments. *Biosci. J.* 35:1083-1098, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da Vegetação do Brasil. Rio de Janeiro, 2004.

Martins GC, Ferreira MM, Curi N, Vitorino ACT, Silva MLN. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. *Ciência e Agrotecnologia*. 30:221-227, 2006.

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos IHC, Oliveira VA, Lumbrreras JF, Coelho MR, Almeida, JA, Cunha TJF, Oliveira JB. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA, Brasília, 2013.

Schaefer CEGR, Lima HN, Teixeira WG, Vale Junior JF, Souza KW, Correia GR, Mendonça BAT, Amaral EF, Campos MCC, Ruivo MLP. Solos da Região Amazônica. In: Curi N, Ker JC, Novais RF, Vidal-Torrado P, Schaefer CEGR. (Org.). *Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros*. 1ed. Viçosa: SBCS, 2017. p. 110-115.

Vidotto E, Pessenda ICR, Ribeiro AS, Freitas HA, Bendassolli JA. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. *Acta Amaz. Manaus-AM*. 37:1-24. 2007.

ZEE. Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas – AM. Zoneamento Ecológico Econômico do Sul-Sudeste do Amazonas. IPAAM, 2008.



Solos antrópicos da região Sul Amazonense

Luís Antônio Coutrim dos Santos¹.

¹ Universidade do Estado do Amazonas

1 Introdução

O bioma Amazônia apresenta 4,2 milhões de km² de extensão, possui enorme diversidade de ambientes e representa cerca de 30% de todas as florestas tropicais remanescentes do mundo. O bioma apresenta mais de 600 tipos diferentes de habitats terrestres e de água doce (SFB, 2013). As vegetações mais características da região são a floresta ombrófila densa e a floresta ombrófila aberta, mas também são encontradas áreas de savanas e campinaranas (IBGE, 2004).

A região Amazônica é formada por uma das mais extensas e antigas áreas geologicamente estáveis no mundo. A região se estende de Roraima ao Planalto Central, conhecida como o Cráton Amazônico, é recoberta por sedimentos de idades variadas. Embora a Amazônia seja denominada como terras baixas, uma considerável parte dessa região associa-se a solos de boa drenagem (Schaefer et al., 2017). Ainda de acordo com os autores, na região ocorrem duas ordens de paisagens inteiramente distintas: as várzeas e as terras firmes. Nas várzeas há predominância de solos jovens, formados a partir de sedimentos do Quaternário, tendo processo incipiente de pedogênese, já os solos de terras firmes são mais evoluídos, formados a partir dos sedimentos mais antigos ou de rochas cristalinas mais antigas.

Em meio a paisagem de solos Amazônicos, que em sua maioria apresentam limitações de fertilidade química, ocorrem manchas de solos com elevada fertilidade natural (Glaser, 2007). Esses solos são conhecidos por designações como "Terra Preta de Índio" ou "Terra Preta Arqueológica", que exibem como propriedades marcantes a coloração escura e o horizonte A antrópico, os quais foram formados ou modificados por ação humana, e devem apresentar artefatos líticos e/ou cerâmicos, altos teores de carbono orgânico e fósforo, apresentando ainda elevada fertilidade natural e capacidade de retenção de nutrientes (Kern e Kämpf, 1989; Lima et al., 2002). Também ocorrem as "Terras Mulatas", que têm sua formação relacionada com cultivos indígenas de longo prazo, com horizontes superficiais com teores menos elevados de fósforo, pouco ou nenhum fragmento de cerâmica (Santos et al., 2018). O presente texto tem como objetivo abordar os solos antrópicos da região Sul Amazonense, apresentando os seus atributos pedológicos, limitações e potencial de uso das terras.

2. Caracterização ambiental

A região abordada neste texto se refere a mesorregião Sul Amazonense, mais pre-

cisamente o município de Apuí (Figura 1), estando inserida no Cráton Amazônico, segundo o modelo das Províncias Estruturais do Brasil proposto por Almeida et al. (1976). O ambiente de estudo, de acordo com Alvares et al. (2014), situa-se no grupo climático A (Clima úmido tropical, sem estação fria e com temperatura superior a 18°C), tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com chuvas inferiores a 60 mm nos meses secos. A região apresenta ampla variação pluviométrica anual (2.500 a 3.100 mm). A temperatura média anual do ar é superior a 26°C (Alvares et al., 2014) e a umidade relativa média do ar varia entre 80 e 85% (Brasil, 1975).

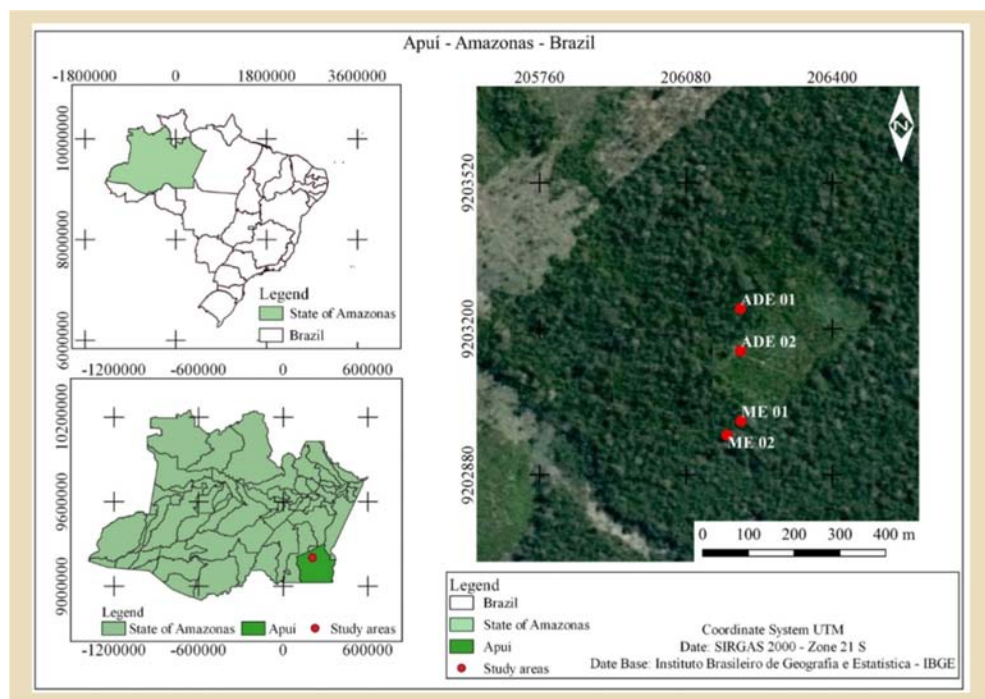


Figura 1. Localização do município do Apuí - AM, com destaque para a localização dos solos estudados. Fonte: Do autor.

A região não apresenta grandes elevações, compreendendo desde planícies e morros, até alguns platôs e chapadas que podem alcançar 400 m de altitude em algumas partes da região. Já a sua cobertura vegetal dominante é composta pela fisionomia de floresta densa (Brasil, 1975). A geologia da região, onde a área de estudo foi selecionada é formada pelo Grupo Colíder, composto de riólitos, riodacitos, basaltos, andesitos, tufos e brechas vulcânicas (CPRM, 2005), conforme apresentado na Figura 2.

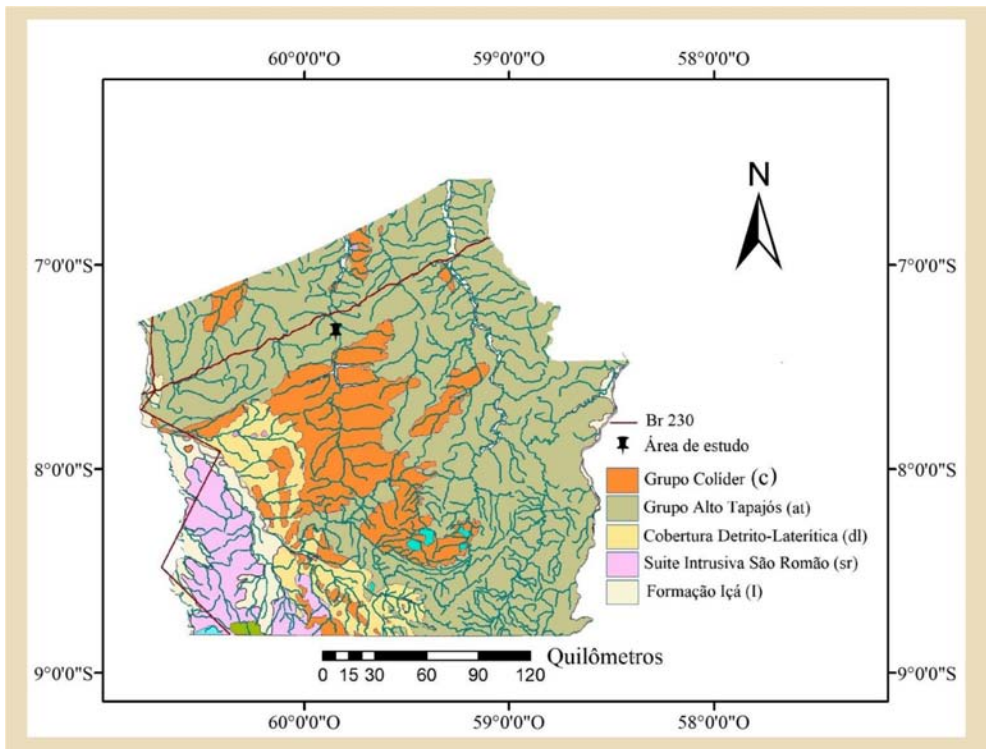


Figura 2. Geologia da área de estudo do município de Apuí - AM. Fonte: Adaptado de CPRM (2005).

3 Relação solo – paisagem

Em relação aos solos presentes na parte sul do município, ocorre predominância das classes dos Argissolos Amarelos, Neossolos Litólicos associados ou não à afloramentos rochosos e, nos topos planos no relevo suave ondulado, Latossolos Amarelos. A parte norte do município é composta pelas classes dos Argissolos Vermelhos-Amarelos em relevo ondulado e forte ondulado e Latossolos Amarelos, em relevo suave ondulado (SDS, 2004). Luvisolos foram identificados por Santos et al. (2018), sendo desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas.

Os solos apresentados na figura 3 fazem parte de uma catena de Terra Preta de Índio (TPI) – Terra Mulata (TM), desenvolvidos sobre rocha vulcânica na região Sul Amazonense. A catena foi dividida em topo, terço superior, terço inferior e sopé. Os solos foram coletados em ambiente de florestal nativa (P1 – Luvissoilo Crômico – TPI), área cultivada com cacau (P2 – Luvissoilo Crômico – TPI), área de pastagens (P3 e P4 – Cambissolo Háptico – TM) (Figura 8). O primeiro perfil localiza-se numa altitude de 117 metros e o último 93 metros.

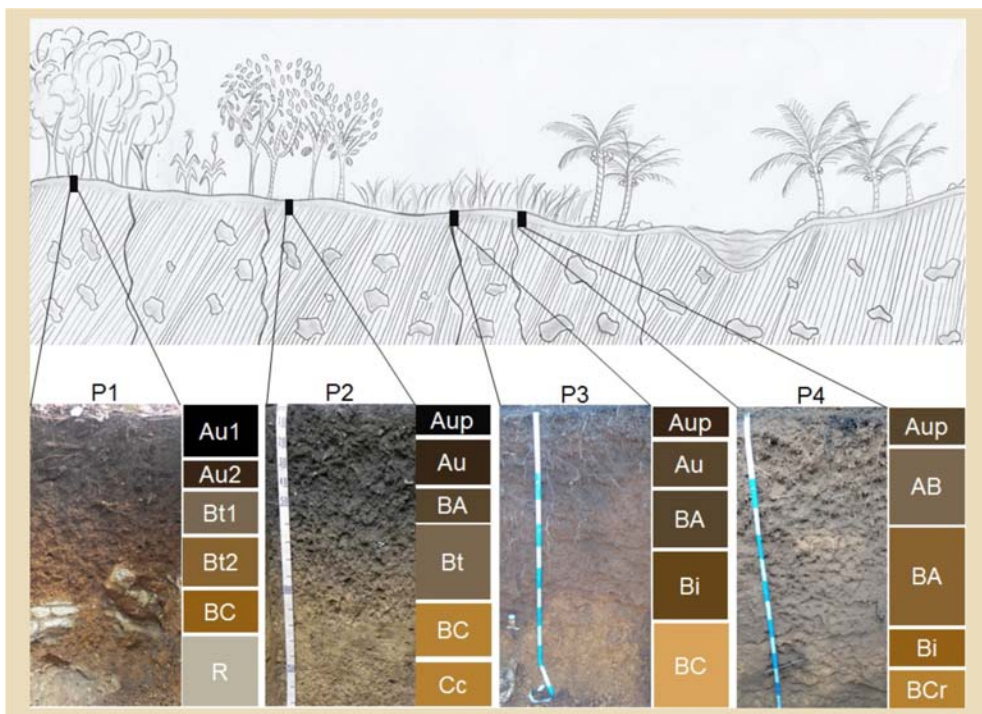


Figura 3. Distribuição dos perfis de solos ao longo da catena. Fonte: Do autor.

4 Dados pedológicos

4.1 Luvisolos Crômicos Órticos típicos

São solos antropogênicos moderadamente profundos (em torno de 80 cm), moderadamente drenados, desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas, em relevo suave ondulado. Com horizonte A antrópico, coloração escura e presença de fragmentos cerâmicos (Figura 4). Apresentam sequência de horizontes Au1-Au2-Bt1-Bt2-BC-R. A textura é franco-argilossiltosa nos horizontes superficiais, argila a muito argilosa nos horizontes subsuperficiais. A estrutura é granular a blocos subangulares, com moderado grau de desenvolvimento. A transição para o horizonte Bt (B textural) é clara e plana. Apresentam cerosidade moderada e comum nos horizontes Bt. Apresentam elevada fertilidade natural, altos teores de cátions trocáveis, fósforo, carbono orgânico e saturação por bases. A saturação por alumínio é inferior a 5% (Quadro 1) e os valores de pH são superiores a 5,5.

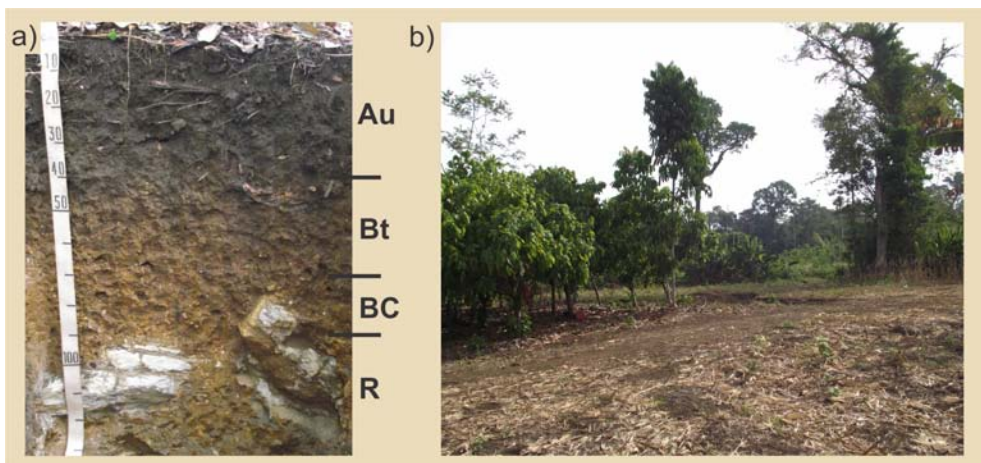


Figura 4. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Luvissoilo Crômico Órtico típico (Terra Preta de Índio). Fonte: Do autor.

Quadro 1. Dados granulométricos e químicos do Luvissoilo Crômico Órtico típico. Dados extraídos de Santos (2014).

Horizon-tes	Profun-idade (cm)	Fração terra fina (g kg ⁻¹)			Fração grossa (g kg ⁻¹)		Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	Material lítico	Fragmentos cerâmicos	
Au1	0-20	158	451	391	59	67	1,2
Au2	20-33	151	443	406	54	31	1,1
Bt1	33-50	110	336	554	78	8	0,6
Bt2	50-68	65	332	603	87	0	0,6
BC	68-83	55	217	728	122	0	0,3
R	83-137 ⁺	-	-	-	-	-	-

Hori-zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
Au1	5,5	23,9	4,1	0,19	0,08	0,6	15,5	43,8
Au2	5,7	14,6	2,3	0,09	0,05	0,4	14,3	31,3
Bt1	5,9	12,1	2,1	0,09	0,06	0,4	8,8	23,1
Bt2	5,8	8,9	1,2	0,09	0,05	0,4	6,8	17,0
BC	5,7	7,4	0,7	0,14	0,05	0,4	6,3	14,6

Quadro 1. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Au1	2	65	206	68,9
Au2	2	54	455	37,2
Bt1	3	62	268	20,9
Bt2	4	60	128	10,6
BC	5	57	146	7,3

4.2 Luvisolos Crômicos Pálicos típicos

São solos antropogênicos profundos (em torno de 135 cm), moderadamente drenados, desenvolvidos a partir de rochas vulcânicas, em relevo suave ondulado. Com horizonte A antrópico, coloração escura e presença de fragmentos cerâmicos (Figura 5). Apresentam sequência de horizontes Aup-Au-BA-Bt-BC-Cc. A textura é franco-argilossiltosa a argilossiltosa nos horizontes superficiais, argila a muito argilosa nos horizontes subsuperficiais. A estrutura é granular a blocos subangulares, com moderado grau de desenvolvimento. A transição para o horizonte Bt (B textural) é gradual e plana. Apresentam cerosidade moderada e abundante no horizonte diagnóstico Bt. Os valores de pH são elevados para os solos da região. Apresentam elevada fertilidade natural, elevados teores de cátions trocáveis (cálcio e magnésio), fósforo, carbono orgânico e saturação por bases (Quadro 2). A sa-

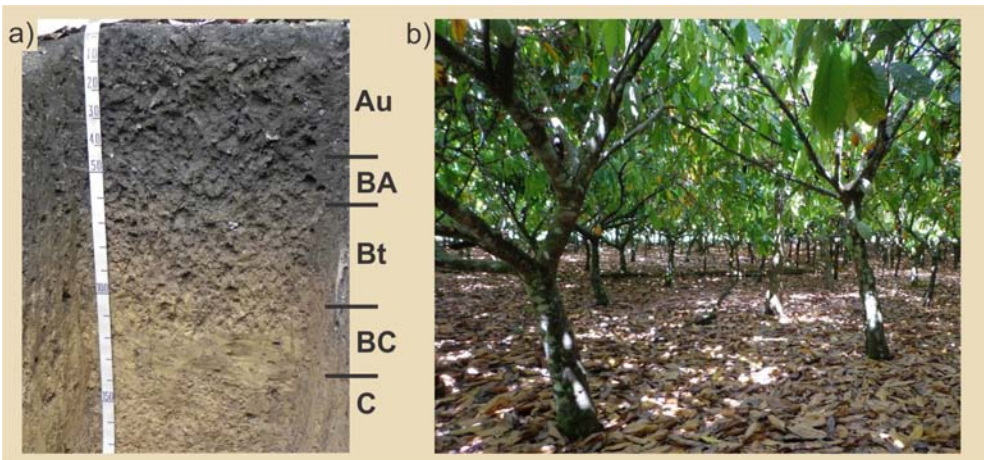


Figura 5. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Luvisolo Crômico Pálico típico (Terra Preta de Índio). Fonte: Do autor.

turação por alumínio é inferior a 7%. Apresentam índice Ki inferior a 2,0 e relação silte argila de 1,2 nos horizontes A e inferior a 0,6 nos horizontes B.

Quadro 2. Dados granulométricos e químicos do Luvissole Crômico Pálico típico. Dados extraídos de Santos (2014).

Horizon- tes	Profun- didade (cm)	Fração terra fina (g kg ⁻¹)			Fração grossa (g kg ⁻¹)		Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	Material lítico	Fragmentos cerâmicos	
Aup	0-16	153	454	393	253	54	1,2
Au	16-45	150	446	404	37	33	1,1
BA	45-62	100	334	566	29	0	0,6
Bt	62-105	57	330	613	49	0	0,5
BC	105-135	49	250	701	55	0	0,4
Cc	135-180 ⁺	68	213	719	789	0	0,3

Hori- zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
Aup	6,3	21,6	1,9	0,52	0,10	0,8	8,5	32,6
Au	5,8	13,9	2,2	0,43	0,11	0,4	16,8	33,5
BA	5,8	10,8	1,9	0,21	0,07	0,4	12,5	25,6
Bt	5,6	8,3	1,3	0,17	0,07	0,5	7,7	17,6
BC	5,4	6,6	1,3	0,16	0,06	0,6	6,6	14,8
Cc	5,2	5,0	1,3	0,14	0,06	0,5	6,2	12,7

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Aup	3	74	227	56,3
Au	2	50	668	32,8
BA	3	51	354	16,6
Bt	5	56	203	9,6
BC	6	55	199	5,6
Cc	7	51	226	4,9

4.3 Cambissolos Háplicos Ta Distróficos lépticos

São solos que apresentam horizontes B incipiente (Bi), moderadamente profundos (em torno de 1 m), apresentando cores escuras com tonalidades brunadas e acinzentadas no horizonte A antrópico e bruno-acinzentados a amarelo brunado no horizonte Bi (Figura 6). Ocorrem em relevo suave ondulado e são formados a partir de rochas vulcânicas. A sequência de horizontes é Aup-Au-BA-Bi-B/Cr. A atividade de argila é alta nos 4 primeiros horizontes. A textura varia de argila a argila pouco cascalhenta. A transição para o horizonte BA é clara e plana. A saturação por bases é alta no horizonte Aup (66%) e baixa nos demais horizontes (inferior a 17%), a saturação por alumínio é superior a 50% no horizonte diagnóstico (Quadro 3). A relação silte/argila é inferior a 0,9 em todos os horizontes. O índice Ki varia de 1,7 a 1,9.

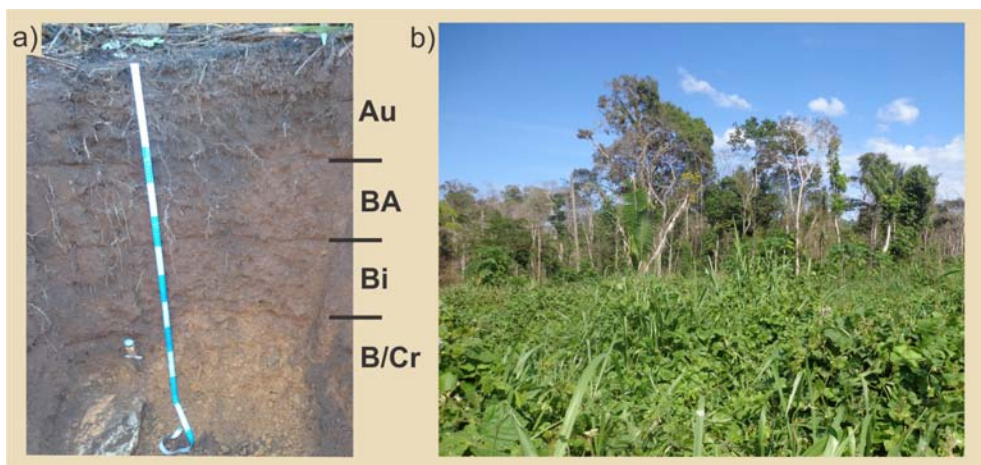


Figura 6. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Háplico Ta Distrófico léptico (Terra Mulata). Fonte: Do autor.

Quadro 3. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico Ta Distrófico léptico. Dados extraídos de Santos (2014).

Horizontes	Profundidade (cm)	Fração terra fina (g kg ⁻¹)			Fração grossa (g kg ⁻¹)		Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	Material lítico	Fragmentos cerâmicos	
Aup	0-11	184	380	436	30	0	0,9
Au	11-24	197	289	514	93	12	0,6
BA	24-50	175	265	560	93	0	0,5
Bi	50-85	166	263	571	104	0	0,5
B/Cr	85-110 ⁺	117	312	571	634	0	0,5

Horizontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
Aup	6,0	18,5	2,9	0,50	0,15	0,0	11,6	33,6
Au	5,6	2,4	0,1	1,44	0,29	1,6	20,4	24,7
BA	5,5	1,5	0,0	1,42	0,15	1,8	15,9	19,1
Bi	4,8	1,5	0,0	0,53	0,08	2,1	13,7	15,8
B/Cr	4,6	1,5	0,0	0,22	0,03	2,8	10,3	12,1

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Aup	0,1	66	236	49,5
Au	27	17	323	26,3
BA	37	16	284	13,7
Bi	51	13	258	9,9
B/Cr	61	15	140	4,6

4.4 Cambissolos Háplicos Ta Distróficos típicos

São solos que apresentam horizonte B incipiente (Bi), moderadamente profundo (em torno de 1,3 m), apresentando cores bruno-acinzentado no horizonte A e bruno-amarelado-escuro no horizonte B (Figura 7). Ocorrem em relevo suave ondulados e são formados a partir de rochas vulcânicas. A sequência de horizontes é Aup-AB-BA-Bi-B/Cr. A atividade da fração argila é alta nos 3 primeiros horizontes e baixa nos horizontes Bi e B/Cr. A textura é argila em todos os horizontes, sendo argila cascalhenta no horizonte B/Cr. A saturação por bases é baixa em todos os horizontes (Quadro 4), incluindo o Aup (inferior a 37%), a saturação por alumínio

é superior a 50% em todos os horizontes, exceto no horizonte Au que apresenta baixa saturação por alumínio (5%). A relação silte/argila é inferior a 0,7 em todos os horizontes. O índice Ki varia de 1,85 a 2,4.

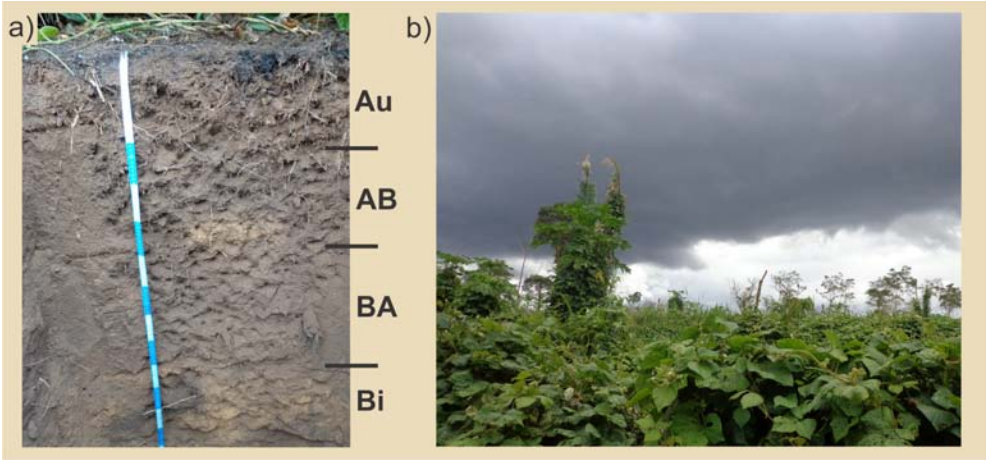


Figura 7. Perfil (a) e paisagem de ocorrência (b) do Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico (Terra Mulata). Fonte: Do autor.

Quadro 4. Dados granulométricos e químicos do Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico. Dados extraídos de Santos (2014).

Horizon-tes	Profun-idade (cm)	Fração terra fina (g kg ⁻¹)			Fração grossa (g kg ⁻¹)		Relação Silte - Argila
		Areia	Silte	Argila	Material lítico	Fragmentos cerâmicos	
Au	0-23	143	352	505	9	3	0,7
AB	23-49	139	352	509	36	0	0,7
BA	49-92	141	353	506	33	0	0,7
Bi	92-127	149	331	520	58	0	0,6
B/Cr	127-140 ⁺	150	328	522	164	0	0,6

Hori-zontes	pH H ₂ O	Complexo sortivo – cmol _c kg ⁻¹						
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _{pH7}
Au	5,0	10,6	0,4	0,27	0,17	0,6	19,9	31,3
AB	4,4	1,8	0,1	0,09	0,13	2,5	17,2	19,3
BA	4,7	1,7	0,0	0,04	0,00	2,2	13,6	15,4
Bi	4,5	1,7	0,0	0,02	0,00	2,6	9,9	11,6
B/Cr	4,5	1,6	0,0	0,02	0,00	2,5	10,5	12,1

Quadro 4. Continuação.

Horizontes	Al	V	P	C orgânico
	%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Au	5	37	162	37,6
AB	54	11	119	22,7
BA	55	12	107	9,7
Bi	60	15	73	3,9
B/Cr	61	13	95	6,0

5 Feições morfológicas típicas

Os solos antrópicos apresentam como características marcantes a presença de fragmentos líticos e/ou cerâmicos, coloração escura, altos valores de carbono, fósforo, cálcio e magnésio. Destacam-se a presença de fragmentos de cerâmicas ao longo dos perfis dos solos de Terra Preta de Índio (Figura 8a) e artefatos líticos (machadinha indígenas) que são encontrados nas áreas de Terra Preta (Figura 8b).

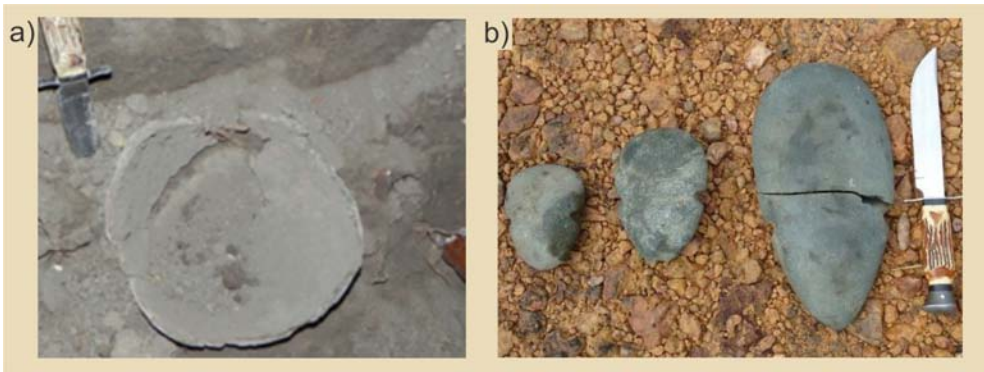


Figura 8. Presença de fragmentos cerâmicos incorporados a matriz de uma Terra Preta de Índio, classificada como Luvisolo Crômico (a) e artefatos líticos (machadinha indígena) encontrado em áreas de Terra Preta de Índio na região Sul do Amazonas (b). Fonte: Do autor.

6 Limitações de uso agrícola

Apesar de serem solos antrópicos, os Cambissolos Háplicos apresentam certas limitações ao uso agrícola. Esses solos possuem baixa fertilidade natural, principalmente o segundo Cambissolo da catena. Apresentando ainda, alta saturação por alumínio em todos os seus horizontes, com exceção do horizonte A (23 cm de profundidade). São solos pesados, com alto teor de argila (acima de 500 g kg⁻¹). Apresentam certa suscetibilidade a erosão por estarem localizados em terrenos com declividade. Os Luvisolos Crômicos apresentam pequenas limitações ao uso agrícola, estando estas relacionadas ao teor de argila e a presença de argilas de atividade alta.

7 Potencial de uso das terras

Os Luvisolos Crômicos apresentam elevado potencial de uso agrícola. Esses solos possuem elevada fertilidade natural, altos teores de matéria orgânica, fósforo disponível, cálcio e magnésio trocáveis. Apresenta um pH na faixa ideal para maioria das culturas agrícolas. Não são verificados problemas com alumínio ou outros elementos. Apresentam boas condições físicas de porosidade total, densidade do solo e drenagem. Esses solos podem ser cultivados por culturas exigentes em fertilidade. Além disso, uma das grandes vantagens das Terras Pretas de Índio é sua alta resiliência, esses solos podem ser cultivados por anos (agricultura não intensiva) sem ser observada uma redução expressiva da sua fertilidade e dos teores de carbono orgânico. Atualmente, os solos são destinados ao cultivo de cacau, tomate e banana.

Os Cambissolos Háplicos, apesar das suas limitações químicas, possuem bom potencial para o cultivo agrícola, sendo solos que apresentam uma fertilidade mediana, porém superior a maioria dos solos de terra firme do Amazonas. Nestes solos verifica-se drenagem moderada, sem impedimento físico para o crescimento de raízes. Apresentam baixa saturação por bases e altos valores de alumínio, mas em profundidades superiores aos 20 cm, sendo desta forma, o problema atenuado. Possuem altos teores de carbono orgânico, fósforo e cálcio, principalmente nos horizontes superficiais, sendo atualmente cultivados com pastagem, porém possuem potencial para serem utilizados por outras culturas mais rentáveis.

8 Considerações finais

Os solos Terra Preta de Índio e Terras Mulatas do município de Apuí, foram classificados como Luvisolos e Cambissolos, respectivamente. São solos escuros, apresentam alta saturação por bases, teores de carbono, fósforo e cálcio. A elevada fertilidade desses solos é atribuída às modificações antrópicas provocadas por populações pré-colombianas. Os solos são argilosos, profundos a moderadamente profundos. Apresentam bom potencial para produção agrícola e pouquíssimas limitações ao uso agrícola.

Estes solos apresentam enorme importância ambiental, devido a sua capacidade em estocar carbono orgânico, sendo considerados importantes drenos de CO₂ da atmosfera. Além disso, guardam importantes informações arqueológicas da região, sendo necessário que ações estaduais e/ou governamentais sejam realizadas para a manutenção deste patrimônio histórico.

9 Referências

Almeida FFM, Hasui, Y, Brito Neves BB. The Upper Precambrian of South America. B. Instituto Geociências. 7:45-80, 1976.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Goncalves JLM, Sparovek G. Koppen's climate classification map for Brazil, Meteorologische Zeitschrift. 22:711–728, 2014.

Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB.21 Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Base Cartográfica digital obtida pela CPRM, a partir da base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo elaborada pelo IBGE. 2005.

Glaser B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. Philosophical Transactions the Royal Society B. 362:187–196, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da Vegetação do Brasil. Rio de Janeiro, 2004.

Kern DC, Kämpf N. O efeito de antigos assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológicas na região de Oriximiná – PA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 13:219-225, 1989.

Lima HN, Schaefer CER, Mello JWV, Gilkes RJ, KER JC. Pedogenesis and pre-Columbian land use of “Terra Preta Anthrosols” (“Indian black earth”) of Western Amazonia. *Geoderma*. 110:1–17, 2002.

Santos LAC. Caracterização de solos antrópicos e não antrópico ao longo de uma topossequência no município de Apuí–AM. 2014, 103 p. Dissertação (mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2014.

Santos IAC, Araujo JK, Souza Junior VS, Campos MCC, Corrêa MM, Souza RAS. Pedogenesis in an Archaeological Dark Earth – Mulatto Earth catena over Volcanic Rocks in Western Amazonia, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42:17 – 35, 2018.

Santos IAC, Campos MCC, Aquino RE, Bergamin AC, Silva DMP, Marques Junior J, Franca ABC. Caracterização e gênese de terras pretas arqueológicas no sul do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 37:825–836. 2013.

Schaefer CEGR, Lima HN, Teixeira WG, Vale Junior JF, Souza KW, Correia GR, Mendonça BAF, Amaral EF, Campos MCC, Ruivo MPL. Solos da Região Amazônica. In: Curi N, Ker JC, Novais RF, Vidal-Torrado P, Schaefer CEGR. (Org.). *Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros*. 1ed. Viçosa: SBCS, 2017. p. 110-115.

SDS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Relatório técnico síntese dos diagnósticos: Área estadual sul de Apuí e Manicoré. Manaus, 2004.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. *Florestas do Brasil em resumo: dados de 2007-2012*. Brasília: SFB, 2013.



Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Regional Sul