



A abordagem do “solo” como contribuição (e crítica) ao ensino de ciências naturais

Daniel Hanke^a, Diego Carneiro dos Santos^b, Shirley Grazieli da Silva Nascimento^c e Mariana Rockenbach de Ávila^d

Resumo: O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre por ser o meio utilizado pelas plantas para o seu crescimento e distribuição. Adicionalmente, são fornecedores de serviços ecossistêmicos para o planeta. A disseminação de informações sobre o solo são essenciais para a sua preservação e conservação. A motivação desse estudo foi a de considerar a possibilidade de uso do solo em conteúdos curriculares no ensino das Ciências da Natureza, com foco em características da paisagem do bioma Pampa. Portanto, objetivou-se: i) investigar os atributos de diferentes solos em uma topossequência no Bioma Pampa e identificar as conexões e funcionalidades

-
- a Doutor em Ciência do Solo. Professor na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: hankesolos@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.
- b Graduação em Educação do Campo pela Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: diegodossantos@gmail.com.
- c Doutora em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Professora na UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa. E-mail: nascimento.shy@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.
- d Doutora em Zootecnia. Pesquisadora colaboradora na Embrapa Clima Temperado. E-mail: mariana.avila@colaborador.embrapa.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

ambientais desses corpos e; ii) correlacionar as informações dos atributos pedogenéticos com possíveis conteúdos curriculares que podem ser trabalhados, de forma verificável, a partir da ocorrência dos solos na paisagem do Bioma. A partir da realização desse trabalho foi possível verificar que a grande maioria dos conteúdos curriculares do Ensino das Ciências da Natureza estão relacionados à forma comumente utilizada no Estudo de Solos, sobretudo nos aspectos taxonômicos, funcionais e produtivos dos corpos pedogenéticos.

Palavras-chave: Ciência do Solo. Educação do campo. Pedologia. Conteúdo curricular.

The “Soil” approach as a contribution (and criticism) to Education in Natural Sciences

Daniel Hanke^a, Diego Carneiro dos Santos^b, Shirley Grazieli da Silva Nascimento^c e Mariana Rockenbach de Ávila^d

Abstract: Soil is a fundamental component of the terrestrial ecosystem because it is the medium used by plants for their growth and distribution. Additionally, they are suppliers of ecosystem services for the planet. The dissemination of information about soil is essential for its preservation and conservation. The motivation for this study was to consider the possibility of using soil in curricular content in the teaching of Natural Sciences, focusing on characteristics of the landscape of the Pampa biome. Therefore, the aim were: i) to investigate the attributes of different soils in a topequence in the Pampa Biome and to identify connections and environmental functionalities of these natural bodies and; ii) correlate information of pedogenetic attributes with possible curricular content occurrence of soils in the landscape of the Biome. From the realization of this work it was possible to verify that the vast majority of curricular contents in the

a PhD in Soil Science. Professor at the Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: hankesolos@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.

b Bachelor degree in Rural Education from the Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: diegodossantos@gmail.com.

c PhD in Family Agricultural Production Systems. Professor at Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: natal.shy@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.

d PhD in Animal Science. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. E-mail: mariana.avila@colaborador.embrapa.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

Teaching of Natural Sciences are related to the form commonly used in the Study of Soils, especially in the taxonomic, functional and productive aspects of pedogenetic bodies.

Keywords: Soil Science. Rural Education. Physics Pedology. Chemistry. Curricular content.

El enfoque del “suelo” como aporte (y crítica) a la enseñanza de las ciencias naturales

Daniel Hanke^a, Diego Carneiro dos Santos^b, Shirley Grazieli da Silva Nascimento^c e Mariana Rockenbach de Ávila^d

Resumen: El suelo es un componente fundamental del ecosistema terrestre ya que es el medio utilizado por las plantas para su crecimiento y distribución. Además, son proveedores de servicios ecosistémicos para el planeta. La difusión de información sobre el suelo es fundamental para su preservación y conservación. La motivación de este estudio fue considerar la posibilidad de utilizar el suelo en contenidos curriculares en la enseñanza de Ciencias Naturales, centrándose en las características del paisaje del bioma Pampa. Por lo tanto, el objetivo fue estudiar: i) investigar los atributos de diferentes suelos en una toposecuencia en el Bioma Pampa e identificar las conexiones y funcionalidades ambientales de estos cuerpos y; ii) correlacionar la información de los atributos pedogenéticos con posibles contenidos curriculares que puedan trabajarse, de manera verificable, a partir de la

a Doctor en Ciencias del Suelo. Profesor de la Universidad Federal de Pampa – UNIPAMPA. Correo electrónico: hankesolos@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.

b Licenciatura en Educación Rural por la Universidad Federal de Pampa – UNIPAMPA. Correo electrónico: diegodossantos@gmail.com.

c Doctorado en Sistemas de Producción Agraria Familiar. Profesor de UNIPAMPA – Universidad Federal de Pampa. Correo electrónico: natal.shy@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.

d Doctorado en Ciencia Animal. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: mariana.avila@colaborador.embrapa.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

ocurrencia de los suelos en el paisaje del Bioma. A partir de la realización de este trabajo se pudo comprobar que la gran mayoría de los contenidos curriculares de la Enseñanza de las Ciencias Naturales están relacionados con la forma comúnmente utilizada en el estudio de los Suelos, principalmente en los aspectos taxonómicos, funcionales y productivos del cuerpo pedogenético.

Palabras clave: Educación de campo. Pedología. Químico. Físico. Ciencia del suelo. Contenidos curriculares.

1. Introdução

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre por ser o meio utilizado pelas plantas para o seu crescimento e distribuição. Além disso, o solo também exerce outras funcionalidades ecossistêmicas, tais como: i) regulação e dinamização da água na paisagem (SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK, 2017a; HANKE; DICK, 2019); ii) estoque e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros organismos; iii) filtragem ambiental (IPCC, 2001; SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK 2017b; HANKE; DICK, 2019) e; iv) imobilização de carbono (C) atmosférico e mitigação dos gases do efeito estufa (GEEs) (BAYER; MIELNICZUK, 2006; HANKE; DICK, 2017^a; HANKE; DICK, 2019; SANTOS et al., 2018).

Como um corpo dinâmico, o solo pode ser degradado através de seu uso inadequado, prejudicando (ou mesmo anulando) o desempenho de suas funcionalidades ambientais (HANKE; DICK 2019). O estudo do solo e a disseminação de informações sobre a relação desse recurso com a vida humana são essenciais para a sua preservação e conservação. Apesar de sua importância, no ensino fundamental e médio, o espaço dedicado ao solo é pequeno, ou até mesmo nulo. Esse conteúdo nos materiais didáticos, muitas vezes, encontra-se em desacordo com os parâmetros curriculares nacionais, estando frequentemente desatualizado, incorreto ou incompatível com a realidade dos solos brasileiros (LIMA, 2002a; LIMA, 2008; GUIMARÃES et al., 2013). Tais materiais apresentam uma abordagem sobre o solo apenas como meio de desenvolvimento de culturas agrícolas, ignorando suas importantes funções ecossistêmicas (filtro ambiental, nicho para o desenvolvimento de organismos endêmicos e reservatório de C atmosférico¹). Além disso, o solo

1 O carbono está presente na atmosfera, na forma de gás carbônico (CO₂), o qual apresenta papel importante no efeito estufa; O gás

também tem sido abordado de forma estática e individual, não apresentando relação com o ensino de ciências ou com a utilidade prática desse recurso para as mais diversas atividades antrópicas (LIMA, 2008). Esse fato implica para que a população, de forma geral, desconheça a importância do solo para os ecossistemas (BÔAS et al., 2014), contribuindo no processo de degradação desse recurso.

A abordagem pedológica, como forma de contribuição à Educação nas Ciências Naturais, é ainda bastante recente e pouco explorada. Tentativas de estruturação dessas iniciativas tiveram início nos anos de 1990 na Rússia, Austrália, Índia e Brasil (ABBOT et al., 2002; BADRINATH et al., 2002). No ano de 1996, foi estabelecido na França a chamada “Campanha do Solo” (RABAH et al., 2002), sendo os objetivos dessa iniciativa: i) reposicionamento do tema “solo” na cultura contemporânea, com foco na educação formal e popular; ii) instruir, a partir da premissa de que o solo é um recurso natural essencial para a sustentabilidade, sobre a necessidade de legislação específica para sua conservação, bem como os mecanismos para o cumprimento da mesma e; iii) criação da concepção de que o solo é parte do patrimônio natural e cultural da humanidade.

No Brasil, iniciativas dessa natureza destacam o papel do “Programa Solo na Escola”, desenvolvido inicialmente pela UFPR, junto às escolas de ensino fundamental, médio e técnico. O objetivo desse Programa foi o de apoiar a utilização da temática “solos” por meio da confecção de materiais didáticos, assim como da consolidação de formas que viabilizem a visitação de escolas à Universidade, bem como viabilizar a capacitação de professores nessa temática (LIMA, 2002b). Essas iniciativas foram disseminadas, nos últimos anos, por várias instituições de ensino superior.

carbônico atmosférico é utilizado por seres fotossintetizantes no processo de fotossíntese.

Embora essas iniciativas, em torno da educação em solos, tenham ganhado força nos últimos anos, ainda remanescem muitas dificuldades com relação a uma abordagem voltada à educação do campo. Muitas incongruências entre a educação formal atual, de caráter estritamente urbano, se tornam aparentes quando aplicadas ao contexto da ruralidade. Exemplos dessas dificuldades se mostram tanto na forma de abordagem dos conteúdos, quanto nas inconveniências de correlação dos conteúdos com os elementos que se fazem presentes no cotidiano da vida social material do estudante de origem rural. Em outras palavras: ao passo de que as iniciativas hoje consolidadas buscam uma reaproximação do estudante, de origem urbana, com o tema “solos”, o estudante das escolas do campo já possuem uma relação natural com esses corpos, que se dá através da forma como os grupos sociais utilizam esse recurso na produção de sua vida natural. Assim, as abordagens conceituais tradicionais podem não ser satisfatórias no contexto do campo e, inclusive, ocasionar um afastamento do estudante do tema, devido às incompatibilidades com os elementos de sua realidade.

A motivação desse estudo foi a de considerar a possibilidade de uso do solo, a partir da técnica de estudo de caso, para contribuir com o ensino das Ciências da Natureza, com foco em características da paisagem do bioma. Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram: i) investigar os atributos de diferentes solos em uma topossequência no bioma Pampa e identificar as conexões e funcionalidades ambientais desses corpos e; ii) correlacionar as informações dos atributos pedogenéticos com possíveis conteúdos curriculares que podem ser trabalhados, de forma verificável, a partir da ocorrência dos solos na paisagem do bioma.

2. Materiais e métodos

Esse estudo² foi dividido em duas partes, tendo a primeira delas a finalidade de levantamento de informações (atributos/parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e biológicos) de solos ocorrentes em uma topossequência sob campo natural no bioma Pampa para a compreensão das funcionalidades e potenciais de uso do ambiente. A referida topossequência faz parte da área experimental da fazenda escola da Universidade Federal do Pampa. Essa área se caracteriza como um laboratório a céu aberto para os cursos que estão instalados em Dom Pedrito, dentre eles o curso de Licenciatura em Educação do Campo.

Essa etapa também tem a intenção de exemplificar a forma tradicionalmente abordada nos estudos taxonômicos e funcionais de solos, a fim de demonstrar o potencial do solo enquanto fonte de informações capaz de subsidiar a compreensão dos processos e fenômenos da natureza a partir de temáticas também trabalhadas pelas Ciências Naturais. A segunda parte trata de uma análise de correlação entre as categorias de informações de solo com os conteúdos de Química, Física, Biologia e Geografia, principalmente, do Ensino Fundamental e Médio, com base nas diretrizes curriculares operacionais. Abaixo serão descritos, em maiores detalhes, os procedimentos utilizados na realização do estudo.

2.1 Parte 1: Classificação e caracterização de solos em uma topossequência sob campo natural no Bioma Pampa

A amostragem de solos foi realizada em uma topossequência característica sob campo nativo no município de Dom Pedrito/RS, por meio da abertura de trincheiras de aproximadamente 1,2 m de profundidade. O clima da região é

2 Projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética da instituição na qual foi realizado.

classificado como Cfa (classificação de Köppen) – verão quente e seco e inverno frio e úmido, com temperatura média variando de 14 a 18 °C e precipitação média anual de 1260 mm (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

Os solos amostrados foram classificados como: i) Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo)- topo da encosta (31° 0'34.03"S e 54°36'55.18"O); ii) Luvisolo Háptico Pálico abrupto (TXp) – terço superior (31° 0'34.21"S e 54°36'52.79"O); iii) Chernossolo Ebânico Órtico vertissólico (MEo) – terço inferior (31° 0'32.47"S e 54°36'48.67"O) e; iv) Gleissolo Melânico (Ta) Eutrófico chernossólico (GMve) – planície aluvial (31° 0'31.06"S e 54°36'45.73"O) (EMBRAPA, 2018). As amostras (deformadas e indeformadas) foram retiradas de diferentes profundidades (0-0,2 m; 0,2-0,4 m; 0,4-0,6 m; 0,6-0,8 m; 0,8-1,0 m e 1,0-1,2 m). Mais informações sobre a área de amostragem, conforme podem ser verificadas na Figura 1.

Figura 1 – Informações geográficas da área de amostragem: A) localização geográfica do município de Dom Pedrito no Estado do Rio Grande do Sul e Brasil; B) ortofoto mosaico, feita por meio de levantamento aerofotogramétrico – indicando a posição dos pontos de amostragem e; C) modelo digital de elevação do terreno (modelo altimétrico)



Fonte: Autores.

O pH das amostras foi determinado em água destilada em proporção 1:3 (v/v). As formas trocáveis dos íons Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ foram extraídas em solução de KCl (1 mol L⁻¹) e posteriormente determinadas por espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Perkin Elmer 7200) (EMBRAPA, 1997). Os teores de K⁺ trocável foram extraídos por meio de solução de Mehlich-1 e determinados por

fotometria de chama. Com base nesses resultados, foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação das bases nos sítios de troca dos colóides (V%) e a saturação dos sítios de troca pelo Al³⁺ tóxico trocável (m%) (EMBRAPA, 1997).

Os teores de C orgânico e N total foram determinados por combustão seca, em analisador elementar CN (Vario El III). A granulometria das amostras foi analisada após a dispersão das mesmas em solução de hidróxido de sódio (NaOH 2 mol L⁻¹) por 12 horas, sendo teor de argila determinado pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (Ds) foi calculada após secagem das amostras indeformadas (cilindros inoxidáveis) em temperatura de 105°C, dividindo-se a massa do solo seco pelo volume do cilindro.

Os dados foram posteriormente submetidos à análise multivariada exploratória de componentes principais (ACP), utilizando-se de uma matriz de dados, como medida de semelhança, por correlação simples de Pearson. A utilização dessa técnica teve por finalidade avaliar a discriminação dos solos na paisagem do Pampa, em função de suas diferenças taxonômicas e funcionais.

2.2 Parte 2: Correlação comparativa entre categorias de atributos de solo com as disciplinas e conteúdos curriculares de Ciências da Natureza

Através do levantamento dos dados de solo, referente aos seus atributos/parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e biológicos – descritos procedimentalmente no item anterior – foi realizado um estudo de comparação dessas categorias de análise com os conteúdos previstos para o ensino de Ciências da Natureza (Ciências Naturais) no Ensino Fundamental e Médio. Esse levantamento utilizou como base as orientações curriculares para o Ensino Fundamental e Médio (PCNEF e PCNEM) e

orientações às diretrizes curriculares - previstas em documentos governamentais (MEC, 2006; SEED-RS, 2018).

Esse estudo utilizou os temas coassociados como referência e buscou analisar, aproximadamente, o percentual de correlação entre os conteúdos curriculares com as temáticas abordadas em estudos taxonômicos e funcionais dos solos analisados.

3. Resultados e discussões

3.1 Atributos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos dos Solos analisados

O pH H₂O variou de 5,0 a 7,2 apresentando expressivas diferença entre os perfis de solo da topossequência e suas profundidades analisadas (Tabela 1). Essa variação corresponde aos componentes da acidez que estão relacionados às diferenças na taxa de intemperismo entre as diferentes posições da paisagem. O aumento do pH H₂O em GMVe (parte mais baixa da encosta) pode ser explicado pelo consumo de H⁺ por ciclos de oxirredução em solos sob regime hidromórfico (Coringa et al., 2012), bem como pela preservação seletiva de materiais alcalinos (carbonatos e fases óxidas), provenientes da rocha sedimentar originária, sob condições de mal drenagem do perfil. Esses dados são corroborados pelo aumento substancial dos teores de bases alcalinas (Ca⁺², Mg⁺² e K⁺) em GMVe (discutido posteriormente). As posições mais altas e intermediárias da encosta apresentam, comparativamente ao solo da planície aluvial (GMVe), possíveis maiores taxas de alteração, capazes de ocasionar maior liberação de H⁺ pela dissolução dos minerais (diminuindo o pH) (Tabela 1).

O teor de argila variou de 291 a 659 g kg⁻¹, aumentando, em média, das partes mais altas para as de menor cota altimétrica da paisagem (Tabela 1). Esse fenômeno pode ser explicado pelos seguintes processos: i) maior recepção de partículas finas, provenientes da erosão da encosta, no solo da planície aluvial

(GMVe) e; ii) maior síntese de novos minerais secundários (argilominerais) em condições de drenagem limitada (Tabela 1). A atividade da argila foi elevada em todas as posições da paisagem (superior ao limite de 27 cmolc Kg⁻¹), indicando a predominância de minerais do tipo 2:1 do gênero esmectita (presença de fenda em períodos de estiagem e micro-relevos gilgai em períodos chuvosos). Assim, os solos estudados encontram-se em baixo a intermediário grau de evolução pedogenética, sendo sua mineralogia composta, principalmente, por minerais argilosos jovens e de alta reatividade.

Tabela 1 – Atributos químicos, físicos e físico-químicos de solos de uma topossequência sob campo natural em Dom Pedrito – RS

Solo-camada/ atributo	pH H ₂ O	Argila	Atividade da Argila	Ca ⁺ 2	Mg +2	K ⁺	V	zH ⁺	Al ⁺ 3	CTC efetiva	CTC potencial	m	C
		g kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³	%	cmolc dm ⁻³	%	g c m ⁻³					
VEo 0-0.2 m	5,2	351	88	12,9	6,0	0,3	69,0	9,5	0,2	19,4	28,9	0,9	2,8
VEo 0.2- 0.4 m	5,2	360	84	15,6	5,3	0,2	68,0	9,5	0,2	21,3	30,8	1,0	2,3
VEo 0.4- 0.6 m	5,1	401	83	13,6	5,6	0,2	59,0	12,9	0,8	20,2	33,1	4,0	1,7
VEo 0.6- 0.8 m	5,1	422	82	13,3	6,3	0,2	55,0	14,1	1,1	20,9	35,0	3,2	1,4
VEo 0.8- 1.0 m	5,0	457	76	12,1	5,2	0,3	55,0	15,3	1,2	18,8	34,1	3,5	1,0
VEo 1.0- 1.2 m	5,0	469	73	15,2	6,4	0,3	55,0	15,6	1,3	23,2	38,8	3,8	0,9
TXo 0-0.2 m	5,8	281	93	25,4	8,9	0,3	89,0	4,4	0,0	34,6	39,0	0,0	3,8
TXo 0.2- 0.4 m	6,0	357	88	18,3	7,1	0,6	87,0	3,9	0,0	26,0	29,9	0,0	1,9
TXo 0.4- 0.6 m	5,6	559	75	17,4	7,2	0,5	83,0	4,9	0,0	25,1	30,0	0,0	1,2
TXo 0.6- 0.8 m	5,7	602	69	26,8	11, 8	0,6	88,0	1,2	0,0	39,2	40,4	0,0	0,7
TXo 0.8- 1.0 m	6,1	623	73	29,1	12, 9	0,5	89,0	1,2	0,0	42,5	43,7	0,0	0,6
TXo 1.0- 1.2 m	5,8	653	65	29,6	13, 3	0,5	89,0	1,1	0,0	43,4	44,5	0,0	0,5
MEo 0-0.2 m	5,0	291	81	16,6	7,4	0,3	66,0	17,8	0,0	24,3	42,1	0,0	4,5
MEo 0.2- 0.4 m	5,4	359	74	9,5	4,9	0,3	68,0	6,7	0,0	14,7	21,4	0,0	3,8
MEo 0.4- 0.6 m	5,6	572	73	15,4	7,6	1,3	82,0	5,5	0,0	24,3	29,8	0,0	3,3
MEo 0.6- 0.8 m	5,1	608	72	13,7	7,4	1,4	62,0	12,4	0,0	22,5	34,9	0,0	3,1
MEo 0.8- 1.0 m	5,6	617	73	14,2	8,1	1,3	81,0	5,1	0,0	23,6	28,7	0,0	2,5
MEo 1.0- 1.2 m	5,6	622	68	15,1	12, 2	1,1	87,0	5,0	0,0	28,4	33,4	0,0	1,8
GMVe 0- 0.2 m	6,1	471	77	23,1	9,5	0,2	90,0	3,5	0,0	32,8	36,3	0,0	6,8
GMVe 0.2-0.4 m	6,9	510	76	25,8	10, 4	0,2	94,0	2,2	0,0	36,4	38,6	0,0	4,7

GMVe 0.4-0.6 m	7,2	624	65	26,8	11, 8	0,3	97,0	1,2	0,0	38,9	40,1	0,0	3,8
GMVe 0.6-0.8 m	7,0	592	74	29,1	12, 9	0,3	97,0	1,2	0,0	42,3	43,5	0,0	3,6
GMVe 0.8-1.0 m	7,2	629	68	28,7	11, 9	0,3	96,0	0,8	0,0	40,9	41,7	0,0	3,3
GMVe 1.0-1.2 m	7,1	617	69	28,3	12, 5	0,4	95,0	0,4	0,0	41,2	41,6	0,0	1,9

Fonte: Autores. *Obs: pH H₂O = pH do solo determinado em água deionizada; argila = teor de argila determinado pelo método da pipeta; Ca+2 = teor de cálcio trocável; Mg+2 = teor de magnésio trocável; K+ = teor de potássio trocável; V% = saturação dos sítios de troca das argilas e matéria orgânica pelas bases trocáveis (Ca+2, Mg+2 e K+); Al+3 = teor de Al+3 trocável; CTC efetiva e CTC potencial = capacidade de troca catiônica efetiva e potencial; m% = saturação dos sítios de troca das argilas e matéria orgânica pelo Al+3; C e N = teores de carbono orgânico e nitrogênio total; C/N = razão de massa entre C e N; Ds = densidade do solo; VEo = Vertissolo Ebânico Órtico típico; TXp = Luvisolo Háptico Pálico abrupto; MEo = Chernossolo Ebânico Órtico vertissólico e; GMVe = Gleissolo Melânico Ta Eutrófico chernossólico

Os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ também aumentaram substancialmente nas posições mais baixas da paisagem, o que se deve a migração dos íons dos solos do topo e terço superior e médio da encosta para as zonas hidromórficas mais baixas, por meio do escoamento superficial e subsuperficial (Tabela 1). Como esperado, os valores de CTC (efetiva e potencial) e saturação por bases (V%) também aumentaram na mesma tendência (Tabela 1), sugerindo que a planície aluvial funciona enquanto um compartimento da paisagem responsável pela recepção iônica e filtragem do ecossistema, conforme já sugerido por outros autores (SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK, 2017a). Os componentes da acidez do solo (H⁺ e Al³⁺) apresentaram baixas concentrações determinadas nos perfis, sendo o Al³⁺ verificado apenas nas posições mais elevadas da encosta. Isso se deve, provavelmente à liberação desse íon da estrutura dos minerais por meio de sua dissolução facilitada em ambientes não-hidromórficos.

Os teores de MOS – indicados pelos teores de C e N

determinados por combustão seca – apresentaram a mesma tendência verificada para a argila, pH e nutrientes (Ca⁺², Mg⁺² e K⁺), sendo menores na parte superior da encosta e maiores nas partes mais baixas (Tabela 1). Esse aumento de C e N deve-se ao aumento da saturação hídrica que limita a decomposição da MOS e, conseqüentemente, a perda desses elementos do sistema (HANKE; DICK, 2017b). Essa conjectura é corroborada pelo aumento da relação C/N em GMVe, sugerindo menor taxa de alteração/humificação da MOS em terrenos hidromórficos. Acompanhando esse comportamento os valores da Ds também aumentaram significativamente do topo para a planície aluvial (Tabela 1).

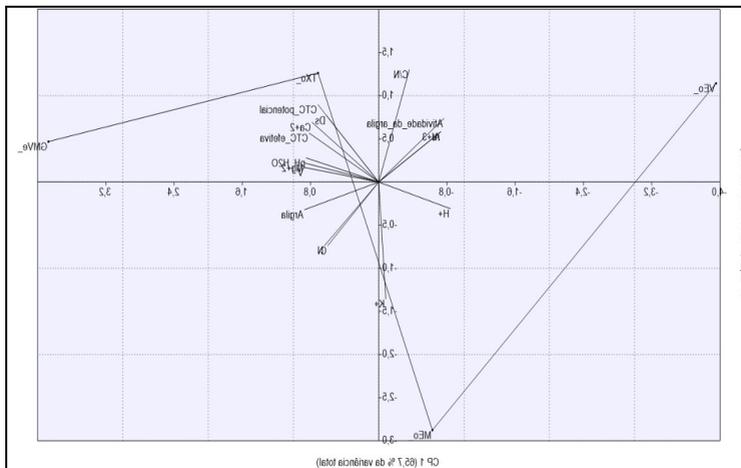
Assim, o aumento da Ds indica que os poros estruturais dos solos das posições mais baixas da paisagem são menores – uma vez que a Ds é maior – ocasionando uma provável diminuição da condutividade hidráulica do perfil. A passagem de água mais lentamente por esse sistema de poros do solo hidromórfico (GMVe), associado a maior densidade de cargas elétricas (CTC) da superfície das argilas e da MOS funciona como um eficiente sistema de filtragem hídrica e regulação no nível de água dos corpos d'água diretamente associados. Portanto, esse compartimento ambiental deve ter sua funcionalidade levada em conta, pois a degradação desses ambientes pode causar impactos severamente negativos à qualidade da água que chega aos rios e da velocidade da recarga dos mesmos.

3.2 Análise de componentes principais – ACP – como forma de verificação das distinções dos Solos na paisagem

A ACP explicou, nos dois primeiros componentes principais (eixos “x” e “y”) aproximadamente 89,4 % da variação total dos dados analisados (65,7 % no CP 1 – eixo “x” e 23,7 % no CP 2 – eixo “y”), conforme apresentado na Figura 2. Ambos os eixos

foram significativos e estruturados pela combinação linear das variáveis utilizadas. O CP 1 (eixo "x") é, dessa forma, uma variável estruturada pelos atributos Ca+2, Mg+2, V%, CTC efetiva, CTC potencial, pH H2O, Argila, Ds, Al+3, Atividade da argila, H+, C e N, ao passo que o CP 2 (eixo "y") é uma variável composta pela combinação da razão C/N e teor de K+ (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama de ordenação pela aplicação da Análise de Componentes Principais das variáveis (atributos/parâmetros de solo) e unidades amostrais (solos da topossequência)



Fonte: Autores.

Dessa forma, os solos que se encontram posicionados, em relação ao eixo "x", à direita do gráfico de ordenação apresentam maior fertilidade natural, menor acidez, maiores teores de argila e Ds e maiores teores de MOS, comparativamente aos que se encontram posicionados à esquerda da origem do gráfico. Em relação ao eixo "y", os solos que se encontram posicionados à cima da origem apresentam maior relação C/N (material orgânico menos humificado) e com tendência a apresentar menores teores de K+ (Figura 2). A aplicação da ACP foi capaz de discriminar os diferentes solos, tendo como extremos os solos na posição mais

alta e mais baixa da paisagem (VEo e GMVe, respectivamente) e em posição intermediária os solos que se encontram no terço superior e médio da encosta (TXo e MEo) (Figura 2).

3.3 Potenciais de uso da “Pedo-paisagem” no Ensino de Ciências da Natureza na Educação do Campo

Como já abordado anteriormente, a partir das categorias de atributos e parâmetros utilizados na descrição dos solos avaliados (químicos, físicos, físico-químicos e biológicos), bem como na explicação dos processos e fenômenos associados à diferenciação dos solos na paisagem, foi realizada uma correlação com os conteúdos previstos para o Ensino de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental e Médio.

O quadro 1 apresenta a relação dos atributos/parâmetros de solo identificados em relação às disciplinas e possíveis conteúdos de Ciências da Natureza (Ensino Fundamental e Médio) associados. Na área de Química (inorgânica e orgânica) e Biologia se destaca a correlação dos atributos/parâmetros de solo “teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Al^{+3} e H^{+} ; Saturação por bases nutricionais (V%); saturação por Al^{+3} tóxico (m%); teor de C e N e relação C/N” com os seguintes conteúdos curriculares: i) ciclagem de nutrientes; ii) classificação e propriedades periódicas; iii) reações químicas; iv) ligações químicas; v) ácidos, bases e sais; vi) cargas elétricas; vii) poluição; viii) solução química; ix) ciclo do C e N; x) funções orgânicas; xi) reações orgânicas; xii) energia; xiii) poluição e filtragem ambiental; xiv) síntese e decomposição; xv) fenômenos químicos atmosféricos; xvi) saúde nutricional; xvii) metabolismo; xviii) produção de alimentos; xix) biodiversidade e; xx) organismos autotróficos e heterotróficos (Quadro 1).

Na área de Físico-química observou-se uma correlação direta entre os atributos/parâmetros de solo “pH; capacidade de troca catiônica (CTC); cor do solo e atividade da fração argila”

com os seguintes conteúdos: i) escala logarítmica; ii) planos cartesianos; iii) ácidos, bases e sais; iv) acidez; v) reações químicas; vi) atividade, concentração e reatividade de íons em solução; vii) indicadores químicos e; viii) espectro eletromagnético (Quadro 1). No domínio da Física foi possível verificar uma correlação entre o teor de argila e a densidade do solo (Ds) com os conteúdos: i) cargas elétricas, ii) sedimentos; iii) matéria e energia; iv) fenômenos capilares; v) densidade (relação massa/volume); vi) água e dinâmica de soluções; vii) movimento; viii) dinâmica dos gases e; ix) interações e ligações químicas. Por sua vez, os atributos geomorfológicos (“tipo de relevo; sistemas de coordenadas geográficas e erosão”) – que são comumente trabalhados nas disciplinas de Geografia, Física e Matemática – se correlacionaram com os conteúdos: i) formas de relevo; ii) gravidade; iii) fluxo hídrico; iv) assoreamento; v) altitude, latitude e longitude; vi) meridianos e paralelos; vii) álgebra; viii) funções; ix) geometria plana e espacial; x) poluição e; xi) soluções químicas (Quadro 1).

Quadro 1 – Relação entre categorias de atributos/parâmetros de solos com as disciplinas e conteúdos curriculares de Ciências da Natureza

Atributos de solo		Disciplinas (Ensino Fundamental e Médio)	Assuntos/conteúdos potenciais
Categorias	Temas específicos (atributos específicos/parâmetros)		
Química (inorgânica)	Teor de Ca ²⁺	Ciências; Química e Biologia	ciclagem de nutrientes; classificação e propriedades periódicas; reações químicas; ligações químicas; saúde nutricional; metabolismo; ácidos, bases e sais; cargas elétricas; poluição; solução química e produção de alimentos
	teor de Mg ²⁺	Ciências; Química e Biologia	
	Teor de K ⁺	Ciências; Química e Biologia	
	teor de Al ³⁺	Ciências; Química e Biologia	
	Teor de H ⁺	Ciências; Química e Biologia	

	Saturação de bases (V%)	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
	Saturação de Al+3 (m%)	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
Química (orgânica - MOS)	Teor de C	Ciências; Química e Biologia	Ciclo do C e N; Funções orgânicas; reações orgânicas; energia; poluição; filtro ambiental; decomposição; fenômenos atmosféricos; biodiversidade, organismo autotróficos e heterotróficos e produção de alimentos
	Teor de N	Ciências; Química e Biologia	
	Relação C/N	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
Físico-química	pH	Ciências; Matemática; Química e Biologia	logaritmo; plano cartesiano; ácidos, bases e sais; acidez, produção agrícola, reações químicas; atividade e reatividade de íons; indicadores químicos; espectro eletromagnético
	CTC	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
	Cor	Ciências; Química e Física	
	Atividade da argila	Ciências; Matemática; Química e Biologia	

Física	Teor de argila	Ciências; Matemática; Química e Física	Cargas elétricas, sedimentos, massa; fenômenos capilares; densidade (relação massa/volume); água e dinâmica de soluções; movimento; dinâmica dos gases; interações e ligações químicas
	Densidade do Solo (Ds)	Ciências; Matemática; Química e Física	
Geomorfologia	Relevo	Ciências; Matemática; Química; Física e Geografia	Formas de relevo; gravidade; fluxo hídrico; assoreamento; altitude, latitude e longitude; meridianos e paralelos; álgebra; funções; geometria plana e espacial; poluição e soluções químicas
	Sistema de coordenadas geográficas	Ciências; Matemática; Física e Geografia	
	Erosão	Ciências; Matemática; Química; Física; Biologia e Geografia	

Fonte: Autores.

Em uma análise aproximada (relação entre o número absoluto dos conteúdos), mais de 70 % dos conteúdos curriculares de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental e Médio estão diretamente relacionados aos processos rotineiramente estudados na Ciência do Solo (em média). Esse percentual é ainda maior se consideradas as correlações usuais de caráter indireto entre os conteúdos. A vantagem do uso do solo como princípio para a relação ensino-aprendizagem dentro do

campo das Ciências Naturais são várias. Entretanto, pode-se destacar, principalmente, os seguintes aspectos: i) transversalidade da abordagem dos temas – o que ocorre necessariamente pela impossibilidade de separação dos conteúdos na interpretação do corpo solo (sua ocorrência, suas funcionalidades ambientais e uso produtivo) e, conseqüentemente, maior capacidade de fixação dos conteúdos em função de seu uso concreto na interpretação da natureza e seus desdobramentos e; ii) subsídio para outras áreas do conhecimento que tem como foco os estudos relacionados à demografia, cultura, desenvolvimento e relação com o território. Dessa forma, uma abordagem pela temática “Solo” apresenta potencial de concretização de complexos temáticos para a Educação em Ciências da Natureza.

Por outro lado, o solo também pode contribuir com o Ensino de Ciências da Natureza na Educação do Campo, uma vez que configura um meio íntimo de relacionamento entre o homem e a produção da vida social, sobretudo no que tange à produção de alimentos e contradições ambientais e da luta pela terra no Brasil e no mundo. Assim, a partir do Solo há possibilidade de estruturação de espaço reflexivo sobre o homem do campo x produção de conhecimento e compreensão da natureza, bem como de sua atuação sobre ela. Do ponto de vista dos autores, a abordagem tradicional das Ciências da Natureza é, por si só, incapaz de propiciar esse resultado, uma vez que utiliza a natureza como exemplo para a abordagem dos conteúdos, e não o inverso disso. Em outras palavras: a abordagem tradicionalmente utilizada, hoje, no Ensino de Ciências da Natureza não consegue construir a prática educativa necessária para assegurar uma compreensão ampla da natureza, pois possui foco nas técnicas/tecnologias de ensino, e não nos processos e fenômenos que regem o meio natural. Exatamente por isso, os conteúdos são trabalhados de forma isolada, o que representa uma dificuldade

para o processo de ensino-aprendizagem, do estudante do campo, verdadeiramente transversal. Ainda, esse efeito não é capaz de proporcionar um processo de reflexão (ambiental, econômico e social) que culmine com uma ruptura dos paradigmas imperativos que regem o campo brasileiro e o modelo exploratório de uso dos recursos naturais na atualidade.

4. Considerações finais

O estudo do solo emerge como uma fonte rica e versátil de informação no contexto do ensino de ciências, oferecendo inúmeras oportunidades para explorar conceitos interdisciplinares. Ao investigar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, os estudantes podem compreender conceitos fundamentais de biologia, química, física e geologia de maneira integrada. Além disso, o solo serve como um laboratório natural, possibilitando a aplicação prática de métodos científicos, desde coleta de amostras até análises laboratoriais. Essa abordagem prática enriquece a experiência de aprendizado, proporcionando uma compreensão mais profunda dos processos ambientais e ecológicos. No entanto, algumas barreiras, como a falta de recursos para experimentos de campo ou laboratoriais, podem limitar o pleno aproveitamento dessas oportunidades. Superar esses desafios requer investimento em materiais educativos, parcerias com instituições científicas e integração de tecnologias educacionais. Ao abordar o estudo do solo no ensino de ciências, os educadores têm a oportunidade não apenas de partilhar conhecimentos específicos, mas também de cultivar habilidades práticas, despertando o interesse dos alunos para a importância da ciência na compreensão e preservação do meio ambiente.

O uso do estudo de solos ocorrentes em sequência de evolução pedogênica proporcionou significativa compreensão das funcionalidades ambientais e potenciais de uso do Bioma, o que, quando aplicado ao contexto dos processos de ensino-

aprendizagem, propicia uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos fundamentais abordados pelas Ciências Naturais.

A partir da realização desse trabalho foi possível verificar que a grande maioria dos conteúdos curriculares do Ensino das Ciências da Natureza estão relacionados à forma comumente utilizada no Estudo de Solos, sobretudo nos aspectos taxonômicos, funcionais e produtivos dos corpos pedogenéticos.

O uso dessa abordagem possui potencial de ampliar a transversalidade dos conteúdos curriculares e subsidiar práticas de reflexão dos sujeitos do campo sobre a produção e reprodução de sua vida social, bem como na ampliação da capacidade de compreensão da natureza, com base nos fenômenos e processos naturais ocorrentes.

É fundamental que os cursos de Licenciatura em Educação do Campo – Ciência da Natureza, considerem a importância do uso da natureza como escopo para as práticas de ensino, e não da natureza como forma de exemplificar os temas e conteúdo das Ciências Naturais. Por fim, cabe a reflexão que esses cursos possam admitir a necessidade de uma formação voltada às Ciências Agrárias, além da tradicional habilitação em Ciências da Natureza. Possivelmente, as Ciências Naturais possam ser melhor compreendidas a partir dos estudos agrários na Educação do Campo, como uma ferramenta para a análise da realidade, e não como um fim em si só. Porém, para a resolução desses questionamentos estudos mais aprofundados com esse foco são necessários.

Referências

ABBOTT, L.; *et al.* Introducing the concept of soil biological fertility to land managers: a soil biology education program. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. *et al.* (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole,

2008. p.7-18.

BADRINATH, M. S.; CHIKKARAMAPPA, T.; JAYAPRAKASH, S. M. Karnataka Soil Reference Information Centre (KASRIC): A novel center for soil science education in India. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002.

BÔAS, R. C. V.; FERNANDES JUNIOR, A. N.; SOUZA MOREIRA, F. M. Microbiologia do solo em curso de formação continuada de professores de Biologia do Ensino Médio. **Revista Ciências & Ideias**. v. 5, n. 1, p. 51-66, 2014.

CORINGA, E, A, O. *et al.* Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazônica**. v. 42, n. 1, p. 19-28, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5 ed. Brasília: Embrapa produção de informação, 2018. 436 p.

GUIMARÃES, H. M. A. *et al.* Educação ambiental - nossos solos, nossas vidas: o tema solo nos livros didáticos de ciência das escolas públicas do município de Porto Nacional – TO. **Educação Ambiental em Ação**, Novo Hamburgo, n. 45, 2013.

HANKE, D.; DICK, D. P. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a toposequence under Araucaria forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 2, p. 1-18, 2017.

HANKE, D.; DICK, D. P. Organic matter stocks and the interactions of humic substances with metals in Araucaria moist forest soil with humic and histic horizons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 2, p. 1-20, 2017.

HANKE, D.; DICK, D. P. Estoque de carbono e mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo: uma revisão. **Revista Científica Agropampa**, v. 2, p. 171-190, 2019.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite.

Disciplinarum Scientia, v. 2, p. 171-182, 2001.

LIMA, V. C. *et al.* Projeto solo na escola: o solo como elemento integrador do ambiente no ensino fundamental e médio. **Expressa Extensão**, Pelotas, v. 7, n. especial, 2002a.

LIMA, M. R. **O solo no ensino fundamental: Situação e proposições**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2002b.

LIMA, M. R. *et al.* Popularização do conhecimento pedagógico: a experiência do projeto de extensão universitária Solo na Escola/UFPR. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 24-27, 2008.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Orientações curriculares para o ensino médio – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, v. 2, 2006.

RABAH, L.; DOSSO, M.; RUELLAN, A. Soil education and public awareness: An international SOS2 campaign. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002. Abstracts. Bangkok, IUSS, 2002.

SANTOS, D. *et al.* Estoques de C e N em solos sob campo nativo de uma topossequência no bioma Pampa. **Revista dos Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia**, v. 1, p. 1-5, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL. Referencial Curricular Gaúcho: Ciências da Natureza. Porto Alegre, Secretária de Estado de Educação – Departamento Pedagógico, v. 1, 2018.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos da Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 1113-1126, 2011.