
Estudo Morfopedológico em uma Topossequência na Esquina Memória – Toledo – PR

Estudio Morfopedológico en una Toposecuencia de Suelos en la Esquina Memória -
Toledo - PR

Morphopedological Study in a Toposequence on the Corner Memory - Toledo – PR

Anderson Habeck

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon. E-mail: anderson.habeck@unioeste.br

Marcia Regina Calegari

Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon e Francisco Beltrão. E-mail: marciareg_calegari@hotmail.com

Patricia Antonio de Oliveira

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon. E-mail: patricia.oliveira2401@hotmail.com

Geovane Ricardo Calixto

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon. E-mail: geovane.calixto@unioeste.br

Ericson Hideki Hayakawa

Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon. E-mail: ericson_geo@yahoo.com.br

Recebido: setembro 2019 Aceito: dezembro 2019
Disponível on-line em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>

Resumo – O presente trabalho apresenta o estudo de uma topossequência em uma bacia de 1ª ordem, no município de Toledo – PR. Este trabalho teve como principal objetivo identificar o sistema pedológico em uma vertente representativa dessa unidade de paisagem e compreender as suas fragilidades e potencialidades ambientais. A arquitetura e a geometria dos horizontes ao longo da vertente foram estabelecidas por meio da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica. Complementarmente foram analisadas as relações entre a distribuição dos solos e as formas do relevo, bem como a ocorrência e suscetibilidade aos processos erosivos em cada segmento da vertente. O sistema pedológico identificado ao longo da topossequência é composto, de montante para jusante, de LATOSSOLO VERMELHO nos segmentos de topo, média alta e média-baixa vertente; NITOSSOLO VERMELHO na transição entre os segmentos de média baixa e baixa vertente e; CAMBISSOLO HÁPLICO no fundo de vale. A distribuição dos solos apresenta estreita relação entre o material de origem (basalto), as formas, declividade e extensão dos segmentos da vertente. A compactação do solo parece ser o principal causador de escoamento superficial nos segmentos planos da vertente, desencadeando processos lineares e perdas de solo na encostas e novas zonas de fragilidade no fundo de vale.

Palavras-chave: Análise estrutural; Solo; Relação solo/relevo; Horizonte de solo. Erosão; Compactação.

Resumen – Este trabajo presenta la investigación de una toposecuencia de suelos en una cuenca de 1ª orden, en la municipalidad de Toledo - PR. Esta investigación tuvo como principal objetivo identificar el sistema edáfico representativo y comprender las fragilidades y potencialidades ambientales en la cuenca. La arquitectura y la geometría de los horizontes a lo largo de la pendiente fueron fundadas por medio del Análisis Estructural de los suelos (adaptada de Boulet et al., 1982 a, b; Ruellan, 1988). Complementariamente se analizaron las relaciones entre la distribución de los suelos y las formas del

relieve, así como la ocurrencia y susceptibilidad a los procesos erosivos en cada uno de los segmentos de la pendiente. El sistema pedológico identificado a lo largo de la toposequencia se compone, de arriba a abajo, de Ferralsol en los segmentos de pendiente superior, medio alto y medio bajo; Nitisol en la transición entre segmentos de hebras bajas y medias y; Cambisol en el fondo del valle. La distribución de los suelos presenta una estrecha relación entre el material parental (basalto), las formas, la declividad y la extensión de los segmentos de la pendiente. La compactación del suelo parece ser la principal causante del flujo superficial en los segmentos planos de la vertiente, desencadenando procesos lineales, pérdidas de suelo y nuevas zonas de fragilidad en la vertiente.

Palabras-clave: Análisis estructural; Solo; Relación suelo/relieve; Horizonte de suelo; Erosión; Compactación.

Abstract – The present work presents the study of a toposequence in a 1st order basin, in the municipality of Toledo - PR. This work aimed to identify the pedological system in a representative aspect of this landscape unit and to understand its weaknesses and environmental potentialities. The architecture and geometry of the horizons along the slope were established through the Structural Analysis of the Pedological Coverage. In addition, the relationship between soil distribution and landforms, as well as the occurrence and susceptibility to erosive processes in each segment of the slope were analyzed. The pedological system identified along the toposequence is composed, upstream to downstream, of RED Latosol in the top, middle high and mid-low slope segments; RED NITOSSOL in the transition between low and medium strand segments and; HABC CAMBISSOLO at the bottom of the valley. The distribution of soils presents a close relationship between the source material (basalt), the shapes, slope and extension of the slope segments. Soil compaction seems to be the main cause of runoff in the flat segments of the slope, triggering linear processes and soil loss on the slopes and new areas of valley bottom fragility.

Keywords: Structural analysis; Ground; Soil / relief ratio; Ground horizon; Erosion; Compression.

Introdução

Na região Oeste do Paraná ocorrem solos formados a partir da alteração das rochas eruptivas básica (basalto) do Grupo São Bento (MINEROPAR, 2006) predominantemente Latossolos Vermelhos Férricos e Nitossolos Vermelhos Férricos. Esses solos são diferenciados quanto a sua fertilidade natural e aptidão agrícola, pois são profundos, bem desenvolvidos pedogeneticamente e possuem estrutura estável, o que gera um ambiente favorável à absorção de nutrientes, resultando em altos índices de produtividade nas culturas implantadas. Ainda que se localizem em paisagens de relevo suavemente ondulado, favoráveis a pedogênese progressiva, esses solos têm apresentado problemas erosivos na última década, devido ao uso intensivo e manejo inadequado, ocasionando a compactação do solo e condições favoráveis à instalação de processos erosivos lineares, como observado na área selecionada para este estudo, na localidade de Esquina Memória, no município de Toledo (PR).

A área do estudo, uma bacia de primeira ordem, foi afetada por processos erosivos lineares (sulcos e ravinas) nas encostas e deslizamentos no fundo do vale após chuvas intensas que ocorreram entre os dias 29 e 30 de outubro de 2017 (ÁGUAS PARANÁ, 2017). Esse evento revelou a fragilidade do ambiente diante de intervenções, ou alterações, em uma das áreas mais promissoras do agronegócio do país.

A história dessa fragilidade se remete a retirada da cobertura vegetal original ao longo do processo de ocupação da região nas décadas de 1940 e 1950, que favoreceu a ocorrência de desequilíbrios ambientais, pois as técnicas de conservação dos solos (por exemplo, preservação das matas ciliares e implantação das curvas de níveis) outrora foram desconsideradas ou realizadas inadequadamente.

As perdas de solo e os prejuízos ambientais e econômicos decorrentes da erosão têm sido cada vez mais comuns no estado do Paraná e têm despertado a atenção da população e dos governantes. O Programa da Rede Paranaense de Apoio à Agropesquisa e Formação Aplicada – Rede AgroPesquisa – (Fundação Araucária/SETI/SENAR) é um movimento das autoridades visando a retomada das boas práticas de manejo e conservação dos solos no Paraná. Dentro da temática da conservação do solo, o presente trabalho vem sendo desenvolvido como parte do projeto “Espacialização dos atributos dos solos em escala de detalhe: subsídios para o manejo e conservação dos solos”, inserido na Rede AgroPesquisa.

Partindo da hipótese que a variação dos atributos dos solos interfere nos fluxos hídricos de superfície e subsuperfície, e com base na necessidade de melhor conhecer a geografia dos solos na região oeste do Paraná para as boas práticas de uso, manejo e conservação do solo, foi realizado o estudo de uma topossequência em uma bacia de 1ª ordem, no município de Toledo, cujo objetivo geral foi identificar o sistema pedológico ao longo da topossequência, visando compreender as fragilidades e potencialidades ambientais nessa bacia, representativa da região onde está inserida. Especificamente, objetivou-se estabelecer a arquitetura e a geometria dos horizontes ao longo da vertente (representação bidimensional da cobertura pedológica); e conhecer as relações entre a distribuição dos solos e as formas do relevo; e a ocorrência e suscetibilidade aos processos erosivos de cada segmento da vertente.

Localização da Área do Estudo

A área do estudo está localizada no município de Toledo – PR, entre as coordenadas 24° 48' 47,81"S; 53° 32' 49,92"O e 24° 48' 57,83"S; 53° 33' 17,09"O (Figura 1) e altitude de 615 metros. A Bacia de 1º Ordem, tributária do Rio Lopei, faz parte da Comunidade Esquina Memória, Toledo – PR, na divisa com o município de Cascavel.

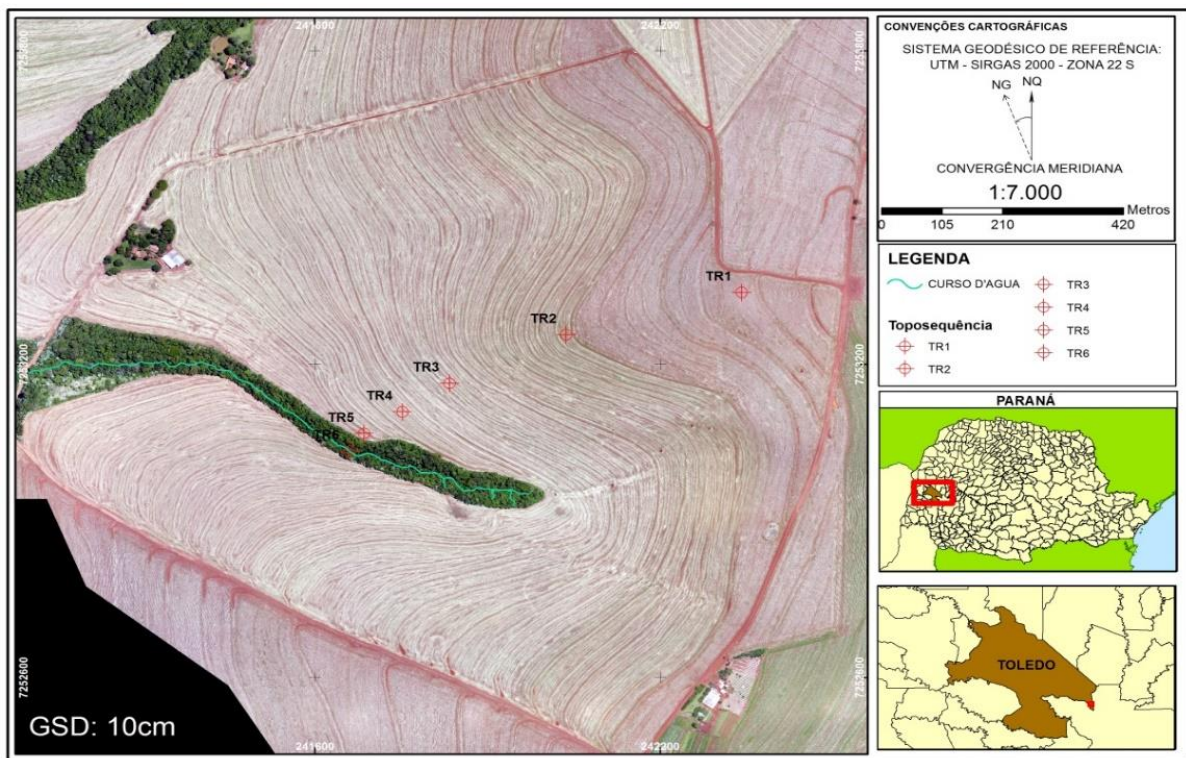


Figura 1 – Localização da Área de estudo, bacia hidrográfica de 1ª ordem, Esquina Memória, Toledo – PR. Fonte: Calixto 2018.

Materiais e Métodos

A principal metodologia adotada neste estudo foi a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, adaptada de Boulet et al. (1982 a,b) e Ruellan (1988).

O estudo foi desenvolvido nas seguintes etapas:

(a) Levantamento bibliográfico e cartográfico utilizando, cartas, mapas, fotos e imagens do Google Earth Pro.

(b) Levantamento topográfico expedito da topossequência com clinômetro, régua e trena, a fim de obter a morfologia detalhada da vertente e, posteriormente, foram delimitados os segmentos da vertente, conforme as alterações significativas de declividade. Identificação e classificação dos principais processos erosivos da área do estudo, seguindo as definições apresentadas na revisão bibliográfica deste trabalho.

(c) estabelecimentos dos pontos em que seriam alocadas as trincheiras (Figura 1) para estudo detalhado dos perfis de solos, adaptando dos procedimentos descritos em Boulet et al. (1982 a,b e Ruellan, 1988). Foram abertas cinco trincheiras na encosta e descritos e amostrados seis perfis, pois o perfil do fundo de vale foi descrito no barranco do rio.

Os perfis de solos foram descritos e coletados conforme Santos et al. (2013). Foram coletadas amostras de todos os horizontes para realização das análises de rotina com o objetivo de classificação dos solos.

Para estabelecer a geometria, a arquitetura e transições dos horizontes de solo ao longo da vertente (vertical e lateralmente) foram realizadas seis tradagens, concentrando-se nos segmentos de média vertente, média baixa e fundo de vale, onde se constatou as principais variações laterais dos horizontes pedogenéticos.

As análises físicas (granulometria) e químicas de rotina (macro e micronutriente, pH, matéria orgânica do solo) foram realizadas no laboratório do IAPAR em Londrina (PR). Os resultados foram utilizados para fins de classificação do solo e análise de evolução da cobertura pedológica.

Os dados da macromorfologia obtida em campo e os resultados físicos e químicos foram analisados de maneira integrada. Os solos foram classificados até o quarto nível categórico conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Resultados

A topossequência estudada se inicia no topo de uma vertente a 692 m de altitude e se estende por 922 m de extensão até o córrego (drenagem de 1ª ordem) (Figura 2), no setor de montante da bacia hidrográfica.

Os segmentos de topo e média alta vertente apresentam forma convexa retilínea, passando à convexa retilínea no segmento de média baixa vertente e, suavemente côncava no segmento de baixa vertente (Figura 2). No fundo de vale a forma predominante é a convexa com acentuado declive até o curso d'água. Este segmento é único encoberto por vegetação (mata ciliar) sendo os demais segmentos ocupados por lavoura.

A análise dos resultados analíticos (Tabela 1) e morfológicos de campo indicou uma boa relação entre a distribuição das classes de solo e a posição na vertente, e permitiu estabelecer uma subdivisão da topossequência em cinco segmentos.

- Topo e média-alta vertente: Nesse segmento predomina forma convexa retilínea, declividades entre 3 e 8%. Considerando a constância na morfologia deste setor da vertente foi aberta somente uma trincheira (TR1) onde foi observado sequência vertical de horizontes Ap, AB, BA, Bw1, Bw2 e Bw3. Apresenta solos com elevado desenvolvimento pedogenético, profundo (>2 metros) e se distribuem até a média baixa vertente, classificados como LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista com Araucária, relevo plano – LVdf. Nesse segmento é comum a ocorrência de sulcos e forte compactação nos primeiros 40 cm do solo (Figura 3). Após o evento chuvoso de outubro de 2017, citado na introdução, esse segmento foi fortemente afetado pelo escoamento superficial concentrado propagando-se de montante para jusante, favorecido pela baixa capacidade de infiltração do horizonte superficial.

- Média baixa vertente: nesse segmento ainda se observou forma convexa, porém com declividade mais forte do que o segmento de topo, variando entre 8 e 20%. Nesse segmento foram descritos dois perfis (TR 2 e TR3) e se constatou-se a mesma sequência vertical e lateral de horizontes encontrada no segmento de montante. A classificação dos solos deste segmento apresentou variação apenas na classe de relevo, isto é, LVdf relevo ondulado. No final deste segmento, observou-se por meio de sondagem (S4) o desenvolvimento de um horizonte B mais estruturado, com cerosidade comum, classificado como B nítico. Nesse segmento, assim como no de montante, é comum a ocorrência de sulcos e forte compactação nos primeiros 40 cm do solo.

- Baixa vertente: esse segmento apresenta forma convexo-côncava e declividade acentuada. Embora pertencente a classe entre 8 e 20%, apresenta a declividade mais acentuada da encosta. Neste segmento foram descritos dois perfis de solos (TR4 e TR5) que apresentaram sequência vertical de horizontes Ap, AB, BA, Bt1, Bt2, Bw/Bc. O horizonte B nítico apresenta estrutura forte e cerosidade moderada e se espessa em profundidade e à

jusante, enquanto o horizonte Bw diminui em espessura, sobretudo lateralmente. Os solos foram classificados como NITOSSOLOS VERMELHO Eutrófico típico, A moderado textura muito argilosa, Fase Floresta Ombrófila Mista com Araucária, relevo ondulado – NVdf. Percebeu-se a ocorrência de sulcos e forte compactação nos primeiros 40 cm do solo. Nesse segmento ocorreu o acúmulo de sedimentos transportados dos segmentos à montante conforme ilustra a Figura 3 B.

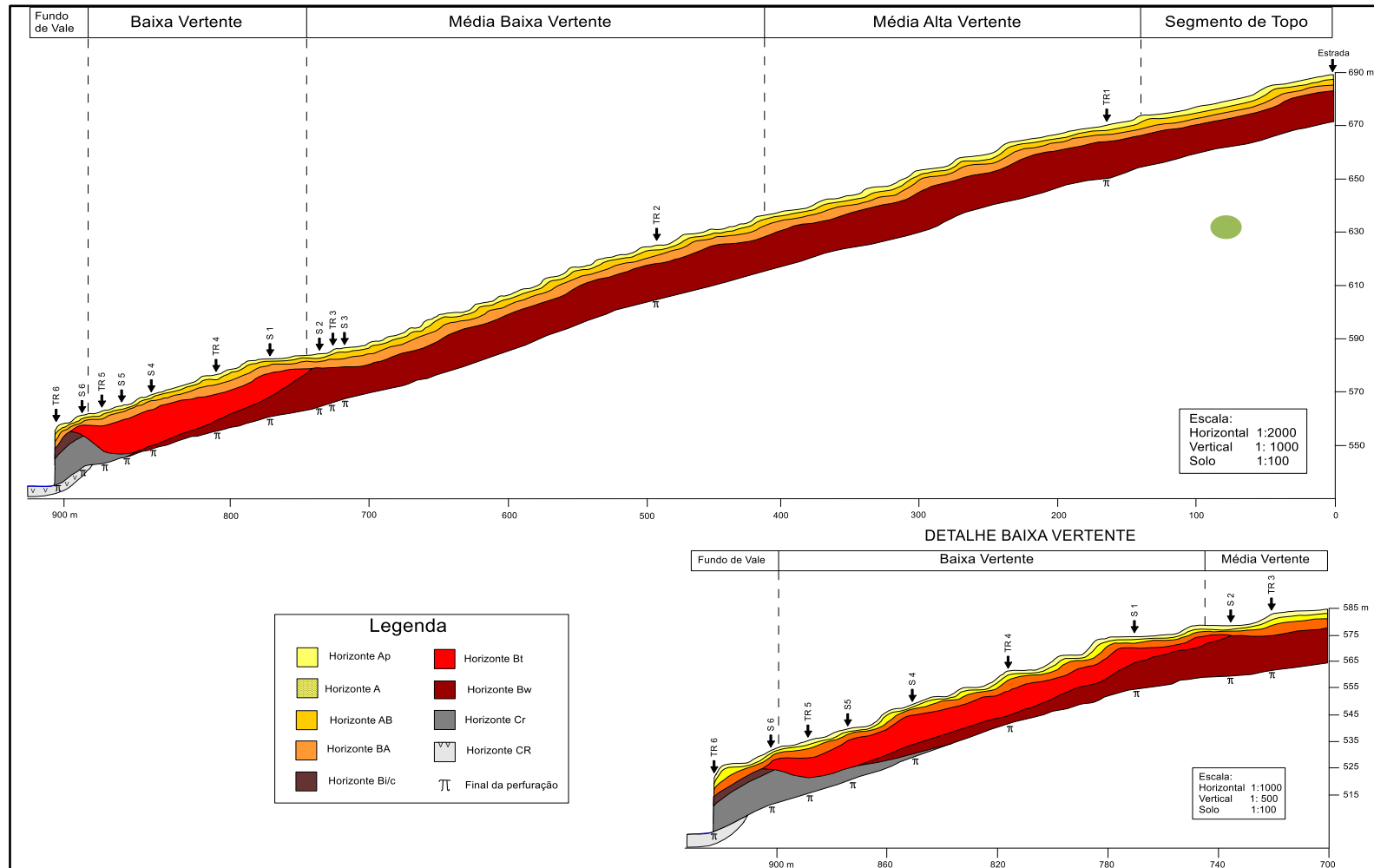


Figura 2 – Toposequência de solos. Bacia de 1ª ordem, Esquina Memória, Toledo – PR

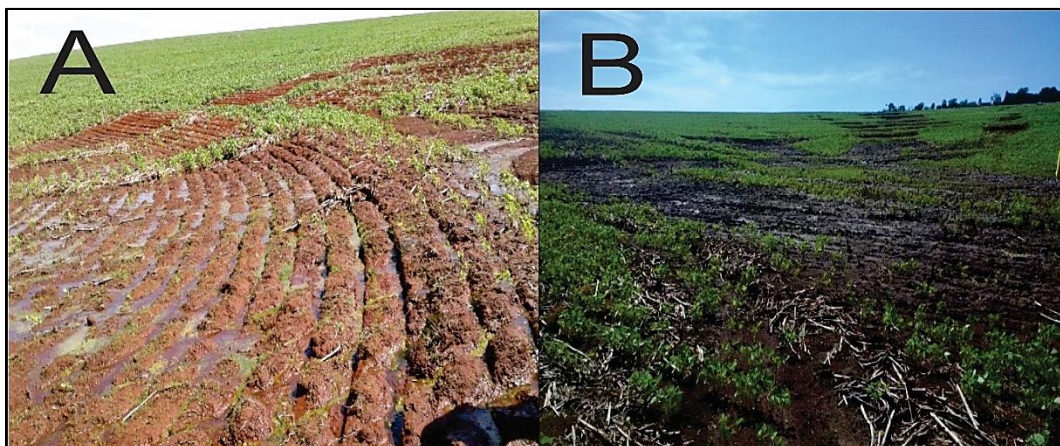


Figura 3 – A) Horizonte Ap compactado e descoberto pela erosão; B) Acúmulo de sedimentos e palhada de milho transportados dos segmentos de montante para a baixa vertente.

Distribuição Vertical e Lateral

O horizonte **Ap**: distribui-se ao longo da encosta com profundidade entre 10 e 20 cm até a TR 5 (Figura 2). Apresenta transição vertical clara e plana para o horizonte AB, perceptível em função da cor e da estrutura formada por blocos angulares prismáticos e/ou laminares devido a forte compactação.

Embora não tenha sido possível aproveitar as amostras coletadas para determinação da densidade do solo, visualmente se observou, pela morfologia já descrita, forte compactação ao longo da topossequência (Figura 3 A). Os valores de pH variam entre 6,2 (TR1 e TR5) e 5,3 (TR3), indicando reação moderada (Tabela 1). A soma de bases (SB) nos segmentos de montante foi de 12,36%, e variou entre 12,51% e 5,34% na média baixa vertente, entre 14,24% e 4,75% na baixa vertente. A saturação por base (V%) manteve-se acima de 57,61% em todos os perfis, à exceção do perfil TR4 onde foi obtido o valor de 41,55%. A CTC variou de 17,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TR5) à 16,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TR4), à montante os valores variaram de 16,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TR3) à 14,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (TR2). Os teores de carbono observados ao longo da encosta variaram de 283,2 g.kg^{-1} a 229,4 g.kg^{-1} . No fundo do vale (TR6) o horizonte **A** é muito argiloso (670 g.kg^{-1}), possui 25 cm de espessura. Do ponto de vista químico apresenta os mais baixos valores de soma de base (7,83 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e V% (57,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Apresenta baixo teor de carbono (151,1 g.kg^{-1}). Este baixo valor se explica por ser este setor o de mais elevada declividade, onde o escoamento superficial causa forte remoção do material superficial durante os eventos chuvosos.

Em todos os segmentos, à exceção do fundo de vale, os horizontes Ap e AB apresentaram alto grau de compactação, até 40 cm de profundidade, principalmente nas TRs 4 e 5, gerando uma camada de impedimento à infiltração da água e levando ao desenvolvimento horizontal das raízes, que se concentram, em média, nos primeiros três centímetros do solo. Nos LATOSSOLOS e nos NITOSSOLOS a compactação dos horizontes superficiais é uma alteração morfológica desencadeada pelo intenso uso e manejo agrícola dos solos e isso reflete na circulação hídrica. Estudos realizados por Rocha (2011) e Magalhães (2013) no Planalto de Cascavel e Calegari e Marcolin (2014) em Marechal Cândido Rondon também identificaram alterações semelhantes na estrutura morfopedológica nas mesmas classes de solos.

Os horizontes transicionais **AB** e **BA** encontraram-se contínuos ao longo da vertente com espessura de 40 a 60 cm. Por serem horizontes de transição foram diferenciados, principalmente, pela estruturação.

Tabela 1 – Atributos químicos dos solos da Topossequência Esquina Memória, Toledo – PR.

Hor.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC	SB	V	Al	P	C
Cm	H ₂ O	cmolc dm ⁻³							%	mg dm ⁻³		g.kg ⁻¹
TR 1 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico A moderado, textura muito argilosa, fase floresta ombrófila mistas com Araucária, relevo plano.												
Ap	6,20	8,02	3,66	0,68	0,00	3,97	16,3	12,36	75,68	0,00	22,9	253,6
AB	5,30	4,05	1,85	0,14	0,00	6,20	12,2	6,04	49,34	0,00	1,8	179,6
BA	5,00	5,32	1,06	0,05	1,15	6,20	9,63	3,43	35,61	1,15	1,2	122,7
Bw1	5,30	2,15	0,90	0,03	0,00	4,96	8,04	3,08	38,30	0,00	1,2	88
Bw2	5,10	0,65	0,32	0,03	0,00	3,97	4,97	1,00	20,12	0,00	1,4	66,2
Bw3	5,10	0,45	0,12	0,03	0,00	3,97	4,57	0,60	13,12	0,00	1,4	44
TR 2 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta ombrófila mista com Araucária, relevo suave ondulado												
Ap	5,30	6,35	2,59	0,14	0,00	5,34	14,4	5,34	62,96	0,00	10,3	283,2
AB	4,80	3,20	1,27	0,07	0,15	5,76	10,3	5,76	44,07	3,19	2,6	153,5
BA	5,10	2,40	0,78	0,03	0,00	5,34	8,55	5,34	37,54	0,00	2,3	94,2
Bw1	5,30	2,27	0,45	0,03	0,00	3,97	6,72	3,97	40,92	0,00	2,2	66,2
Bw2	5,60	2,02	0,16	0,03	0,00	3,17	5,38	3,17	41,07	0,00	2,2	54,5
TR 3 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, A moderado, textura muito argilosa, floresta ombrófila mista com Araucária, relevo ondulado												
				0,30	0,00	3,97	16,5	12,51	75,91	0,00	12,3	237,6
AB	5,70	5,12	2,67	0,07	0,00	4,60	12,5	7,86	63,08	0,00	2,7	120,7
BA	4,90	2,57	1,93	0,05	0,16	6,20	10,8	4,55	42,32	3,39	3,2	77,9
Bw1	4,80	1,42	0,86	0,03	0,08	5,76	8,07	2,31	28,62	3,34	0,9	68,1
Bw2	4,80	1,05	0,49	0,05	0,05	4,96	6,55	1,59	24,27	3,04	0,8	54,5
Bw3	4,80	0,62	0,41	0,03	0,03	4,60	5,66	1,06	18,72	2,75	0,8	38,5
TR 4 - NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico, A moderado, textura muito argilosa, floresta ombrófila mista com Araucária, relevo ondulado												
Ap	5,50	7,57	3,24	0,27	0,00	5,34	16,4	11,08	67,47	0,00	10,8	229,4
AB	5,20	4,67	2,01	0,07	0,00	4,60	11,4	6,75	59,47	0,00	1,8	107,9
BA	4,70	3,12	1,60	0,03	0,39	6,68	11,4	4,75	41,55	7,58	1,8	81,4
Bt1	4,70	2,27	1,56	0,03	0,26	5,34	9,2	3,86	41,95	6,31	2,0	67,4
Bt2	4,60	1,50	0,37	0,03	0,19	4,96	6,86	1,90	27,69	9,09	1,3	46,7
Bw1	4,90	1,72	0,12	0,03	0,02	4,60	6,47	1,87	28,90	1,05	1,6	33,1
Bw2	5,00	2,10	0,24	0,03	0,00	3,97	6,34	2,37	37,38	0,00	1,7	22,5
TR 5 - NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico, A moderado, textura muito argilosa floresta Ombrófila mista com Araucária, relevo ondulado.												
Ap	6,20	9,37	4,60	0,27	0,00	3,17	17,4	14,24	81,79	0,00	12,5	277,0
AB	5,40	4,82	2,71	0,03	0,00	4,27	11,8	7,56	63,90	0,00	2,7	77,9
BA	4,90	4,20	1,85	0,03	0,14	5,34	11,4	6,08	53,23	2,25	3,2	7,05
Bt1	4,60	2,70	1,39	0,03	0,41	5,34	9,46	4,12	43,55	9,05	3,4	61,1
Bt2	4,40	2,37	1,31	0,03	1,13	6,20	9,91	3,71	37,43	23,34	4,0	46,7
Bw/Bc	4,50	2,32	1,76	0,03	0,70	5,34	9,45	4,11	43,49	14,55	4,3	49,8
Cr	4,40	2,15	2,05	0,03	1,09	5,76	9,99	4,23	42,34	20,48	4,4	26,8
TR 6 - Cambissolo Háplico Tb Eutroférico, A moderado, textura argilosa, floresta Ombrófila mista com Araucária, relevo forte ondulado.												
A	5,00	5,52	2,17	0,14	0,50	5,76	13,6	7,83	57,61	0,50	2,3	151,1
AB	4,80	4,30	1,72	0,07	2,40	6,20	12,3	6,09	49,55	2,40	2,6	105,5
BA	4,50	3,12	1,60	0,05	6,65	7,20	12,0	4,77	39,84	6,65	3,4	73,2
Bi	4,30	1,57	0,65	0,03	28,57	6,68	8,93	2,25	25,19	28,57	4,5	54,1
Bi/C	4,40	1,97	0,94	0,03	16,23	4,96	7,9	2,94	37,21	16,23	3,3	22,2

O horizonte **Bw**, dividido em subhorizontes Bw1, 2 e 3, é encontrado do topo até a baixa vertente. É espesso no segmento de montante (>160 cm), sendo encontrado a partir de 60 à 80 cm de profundidade, possui textura muito argilosa e estrutura típica (blocos subangulares que se desfazem em blocos granulares microagregados) e cor vermelho-muito-escuro-acinzentado (7,5 R 2,5/3). Lateralmente este horizonte se projeta sob o horizonte B nítico (Bt) na média baixa vertente (Figura 2), e passa a ser encontrado a partir de 170 cm de profundidade. Os valores de pH a montante mantêm-se acima de 5, enquanto na média-baixa vertente e fundo de vale mantêm-se abaixo de 5 (Tabela 1). A soma de bases é baixa (<4 cmol_c dm⁻³) indicando o alto grau de desenvolvimento pedogenético deste horizonte. A saturação por bases é baixa, inferior a 50 %, e a CTC baixa (<8 cmol_c dm⁻³) que permite classificar os solos do segmento de montante como distróficos (EMBRAPA, 2018).

O horizonte **B nítico (Bt)** é encontrado a partir do segmento de média baixa vertente (S3) até o final da baixa vertente (S6). Distribui-se lateralmente em forma de cunha, projetando-se sobre o Bw à montante e sob o Bi/C, à jusante (Figura 2). Possui espessura variada, cor vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4), textura muito argilosa (entre 740 e 810 g. Kg⁻¹), relação silte/argila de quase o dobro em relação aos horizontes superficiais, embora este não seja um requisito para identificação de B nítico (EMBRAPA, 2018). Apresenta cerosidade variando de comum a moderada, estrutura em blocos poliédricos, muito plástico e pegajoso. Apresenta pH inferior a 5, soma de bases menor que 3,9 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases menor que 42%. A CTC mantêm-se em torno de 9 cmol_c dm⁻³.

A geometria desse horizonte indica espessamento e prolongamento em direção à montante, destruindo o Bw. No segmento de baixa vertente ele está se formando, aparentemente, às custas do Bi, que se projeta sob ele. As alterações de estrutura do horizonte subsuperficial (B nítico), como o observado nesse estudo, indicam alterações dos fluxos laterais nos limites das transições entre os Latossolos e os Nitossolos (CALEGARI; MARCOLIN, 2014).

O horizonte **Bi** foi encontrado a partir da S6 com 30 cm de espessura estendendo-se até a TR6 de 70 a 100 cm. Cor Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4). É muito argiloso (830 g.kg⁻¹), pouco desenvolvido, e quimicamente pouco expressivo, apresentando baixa soma de base, saturação por bases e CTC, indicando baixo desenvolvimento pedogenético. Esse horizonte sofre perda a cada novo episódio de erosão no talude do vale, devido ao desnível do barranco em relação ao canal e toda a instabilidade morfogenética relacionada à dinâmica do canal, que periodicamente sofre variação de nível, conforme constatado nos trabalhos de campo.

Relação Solo-Relevo

Regionalmente a área do estudo faz parte do compartimento morfopedológico denominado por Bade (2014) como Unidade Cascavel, subunidade de Toledo. Esta unidade corresponde ao setor que representa a frente do interflúvio que delimita a Bacia do rio Paraná 3, e as bacias do rio Iguazu ao Sul a do Piquiri ao Norte (ROCHA et al., 2018). Caracteriza-se por apresentar colinas amplas a médias com topos planos, alongados e vales em V, modelados por vertentes convexo-retilíneas como observado na bacia em estudo.

A cobertura pedológica reflete as variações das formas e das declividades (extensão dos segmentos) das vertentes como indicado no final do tópico anterior. Isto é, Latossolo Vermelho Eutrófico no segmento de montante em relevo plano à suave ondulado, Nitossolo Vermelho Eutrófico na média-baixa e baixa vertente em relevo ondulado e Cambissolo háplico Eutrófico no fundo de vale, em relevo forte ondulado, onde predominam os fluxos laterais.

Nos setores mais declivosos (média baixa, baixa vertente e fundo do vale) a erosão e o transporte de material ocorrem de forma intensa, devido ao domínio do escoamento superficial. A ocorrência de movimentos de massa (rotacionais e translacionais) no segmento de fundo de vale corroboram esta afirmativa. Essa condição e associação também foi descrito por Rocha et al. (2018) para as áreas da subunidade de Toledo, bem como em outros estudos

morfoedológicos realizados em diferentes escalas (por exemplo MAGALHÃES, 2008; OLIVEIRA, 2012; 2018; ROCHA, 2011; 2016; CALEGARI E MARCOLIN, 2014).

A presença dos Nitossolos nos setores (sutilmente) mais côncavos das vertentes, associados às declividades entre 6-18% é explicada pela circulação hídrica vertical e lateral gerando condições para um maior desenvolvimento pedogenético, formação e translocação de argila, desenvolvimento de cerosidade e estrutura mais desenvolvida, dando origem a formação do horizonte B nítico.

De modo geral, o domínio da topografia suave ondulada, dos solos profundos e altamente intemperizados, favorecem a agricultura mecanizada, ao sistema de plantio direto e rotação de cultura, embora a maioria dos agricultores realize a sucessão de cultura (soja, milho, trigo). Entretanto, essas práticas, que geram intenso tráfego de máquinas, têm causado alterações nas estruturas dos solos e nos sistemas pedológicos da região.

As características e propriedades naturais dos solos não favorecem processos erosivos. Entretanto, a compactação observada nos horizontes superficiais tem tornado esses solos suscetíveis aos processos erosivos superficiais. E, diante desse cenário que se estabelece áreas naturalmente estáveis, têm se tornado frágeis e suscetíveis aos processos erosivos acelerados, tais como sulcos e ravinas, gerando perda de solo, sobretudo nos segmentos de montante, e movimentos de massa nos segmentos mais declivosos, nos fundos de vale. Em consequência, os cursos d'água também sofrem os impactos do escoamento na encosta que faz aumentar o fluxo dos canais, nem sempre preparados para receber tal volume de água.

Os canais, na busca de um novo equilíbrio, buscam aprofundar-se verticalmente ou ampliar-se lateralmente para dar vazão à água, gerando instabilidade nos taludes e alteração nos fluxos subsuperficiais nas encostas. Consequentemente, essas alterações afetam a estabilidade dos horizontes, desencadeando novas frentes de alteração, como observada no segmento de baixa vertente da topossequência estudada, onde os Nitossolos buscam se expandir à montante, destruindo os Latossolos.

Conclusões

As análises dos atributos dos solos estudados informam estreita relação entre o material de origem, as formas, declividade e extensão dos segmentos da vertente com os solos formados e desenvolvimento in situ:

- No segmento de topo e média alta vertente (0-8% de declividade) predomina o Latossolo Vermelho Eutroférico profundo e argiloso com estrutura típica microagregada no horizonte Bw. A susceptibilidade aos processos erosivos nesse segmento é baixa em relação aos segmentos de jusante. Apesar da compactação verificada nos horizontes Ap e AB a declividade não é favorável ao escoamento superficial concentrado.

- Nos segmentos de média-baixa e baixa vertente ocorrem Nitossolos Vermelhos Eutroféricos muito argilosos, profundos, com B nítico apresentando estrutura bem desenvolvida e cerosidade, acompanhando a configuração da topografia mais acentuada (8-20% de declividade) e extensão mais compressiva desse segmento, favorecendo o fluxo lateral em detrimento do vertical. Nesse segmento a susceptibilidade aos processos erosivos é alta em função da declividade acentuada conjuntamente com a compactação verificada nos horizontes superficiais.

- No segmento de fundo vale, relevo forte ondulado, onde predominam os fluxos laterais e declividade acima de 20% ocorrem os CAMBISSOLO HÁPLICO Eutrófico. Nesse segmento a susceptibilidade aos processos erosivos é levada em função da declividade acentuada e pela compactação dos segmentos à montante. A mata ciliar nesse setor da vertente não consegue conter o elevado escoamento superficial resultando em processos erosivos lineares e movimentos de massa (abatimentos e desmoronamentos) nas margens do córrego.

Esta distribuição dos solos na vertente, revelada através da análise bidimensional da cobertura pedológica corrobora estudos realizados na região.

A compactação do solo, embora não tenha sido possível utilizar as amostras coletadas para determinação da densidade do solo, parece ser a principal causadora do escoamento

superficial nos segmentos planos da vertente, desencadeando processos lineares, perdas de solo e novas zonas de fragilidade na vertente.

Referência Bibliográficas

ÁGUAS PARANÁ. Instituto das águas do Paraná. **Sistema de Informações Hidrológicas**. (2017) Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-264.html>. Acesso em: 04/12/2018.

BADE, M. R. **Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai)**. Tese de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de marechal Cândido Rondon – PR, 2014. 113 p.

BOULET, R. et al. **Analyse structurale et cartographie en pédologie I**. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. Cahiers Orstom, Bondy, v. 19, n. 4, p. 309-322, 1982a.

BOULET, R. et a.l. **Analyse structurale et cartographie en pedologie II**. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cahiers Orstom, Bondy, v. 19, n. 4, p. 323-339, 1982b.

CALEGARI, M. R.; MARCOLIN, L. Relação Solo - Paisagem Na Bacia Da Sanga Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon – PR. **Boletim de Geografia**, v. 32, n. 3, set.-dez., Maringá, 2014, p. 110-121.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Brasília, 2018. 353 p.

MAGALHÃES, V. L. **Os Sistemas Pedológicos e a Paisagem na Bacia da Sanga Clara Marechal Cândido Rondon-Pr**. Dissertação de Mestrado, [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2008.

MAGALHÃES, V. L. **Gênese e evolução dos sistemas pedológicos em unidades de paisagem do município de Marechal Cândido Rondon - PR**. Maringá, 123p. (Tese de Doutorado em Geografia), UEM-PR, 2013.

MINEROPAR. **Mapa Geológico do Paraná**. Edição 2006 Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geologia/PDF_Mapas_Geo_650000/Mapa_Geologico_PR_650000_2006.pdf. Acesso em: 04/12/2018.

OLIVEIRA, P. A. **Estudo de uma Topossequência de Solo na Bacia do Córrego Santo Angelo – Marechal Cândido Rondon – PR**. Monografia em Geografia, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2012.

OLIVEIRA, P. A. **Espacialização dos Atributos dos Solos em Escala de Detalhe: Subsídio para o Manejo e Conservação dos Solos**. Qualificação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado. Curso de Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2018, 103 p.

ROCHA, A. S. **Morfopedologia e fragilidade ambiental nos fundos de vale do trecho superior do Córrego Guavirá Marechal Cândido Rondon-PR**. Francisco Beltrão, 125 p. (Dissertação de Mestrado) – UNIOESTE-PR. 2011.

ROCHA, A. S. **As Vertentes Características e os Sistemas Pedológicos como Instrumentos de Análise para a Identificação das Fragilidades e Potencialidades Ambientais na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 Maringá – Pr 2016**. Tese de Doutorado, [s.l.] Universidade Estadual de Maringá, 2016.

ROCHA, A. S.; NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E. As unidades de paisagem, as vertentes características e os sistemas pedológicos na bacia hidrográfica do Paraná 3. **Ateliê Geográfico - Goiânia-GO**, v. 12, n. 1, abr/2018, p. 51-70.

RUELLAN, A. **Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 21 1988, Campinas. A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1988a,

p. 405-414.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6ªed. Revisada e ampliada. SBCS. Viçosa. p. 100, 2013.