

Caracterização e comportamento físico-hídricos do sistema pedológico da topossequência de solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Characterization and physical-hydric behavior of the pedological system of the toposequence of soils Dourados, Cambira, PR, Brazil

Alan Charles Fontana *, Hélio Silveira *, Francieli Sant'ana Marcatto *, Maria Teresa de Nóbrega*

* Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, e-mail: geofont@gmail.com, hesilveira70@hotmail.com, fran_marcatto@hotmail.com, matenobrega@gmail.com

[DOI: http://dx.doi.org/10.5380/raega.v53i0.79511](http://dx.doi.org/10.5380/raega.v53i0.79511)

Resumo

Com o objetivo de compreender melhor os solos do compartimento basáltico da bacia do rio Pirapó, foi caracterizado o sistema pedológico da topossequência de solos Dourados, localizada no município de Cambira, PR, Brasil. A metodologia seguiu o proposto para a Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica, com a diferenciação dos horizontes ao longo da vertente e realização de ensaios físicos e hídricos para os horizontes. A topossequência de solos Dourados apresenta sistema pedológico composto por Latossolo Vermelho – Nitossolo Vermelho – Cambissolo – Neossolo Litólico – Nitossolo Vermelho – Latossolo Vermelho – Neossolo Litólico, no sentido do topo para o sopé da vertente. Os horizontes superficiais apresentam alterações de suas características, com mudança na estrutura do solo devido ao processo de compactação e à redução da floculação da argila. A estrutura morfológica, as características físicas e a condutividade hidráulica saturada permitiram compreender que no terço superior da vertente onde as declividades são menores estão os solos mais evoluídos e a infiltração de água é predominantemente vertical, ao passo que a partir da média vertente, os valores de declividade aumentam, passam a ocorrer os Nitossolo Vermelho que condicionam a existência de fluxos hídricos laterais subsuperficiais. A transformação lateral do Nitossolo em Cambissolo ocorre devido à redução da espessura do solo, associado ao contato das camadas de basalto e às maiores declividades. Quando o solo se torna ainda menos espesso, o horizonte B incipiente deixa de ocorrer, estando o horizonte Ap diretamente sobre o horizonte C ou sobre a rocha, formando os Neossolos.

Palavra-chave: Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica, Condutividade Hidráulica Saturada, Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho.

Abstract

In order to better understand the soils of the basaltic compartment of the Pirapó River basin, the pedological system of the Dourados soils, based in the municipality of Cambira, PR, Brazil, was characterized. The methodology followed what was proposed for the Two-dimensional Analysis of Pedological Coverage, with the differentiation of horizons along the slope and the realization of physical and hydrological tests for the horizons. The topsoil of Dourados soils has a pedological system compound of Red Latosol – Red Nitisol – Cambissol – Litolic Neosol – Red Nitisol – Red Latosol – Litolic Neosol, from the top to the bottom of the slope. The superficial horizons present changes in their characteristics, with modifications in the soil structure due to the compaction process and the decrease of the clay flocculation. The morphological structure, the physical characteristics and the saturated hydraulic conductivity allowed us to understand that in the upstream sector, in the Latosol coverage, the water infiltration is predominantly vertical, while from the medium slope to on, the declivity values increases, starting to exist the Red Nitisol which provide the existence of subsurface lateral flows. The lateral transformation of Nitisol in Cambisol occurs due to the reduction of the soil's thickness associated to the basalt layers and to largest declivities. When the soil starts to become less thick, the incipient B horizon disappears, with the Ap horizon being right above the C horizon or above the rock, forming the Neosol.

Key words: Two-dimensional Analysis of Pedological Coverage, saturated hydraulic conductivity, Red Latosol, Red Nitisol.

I. INTRODUÇÃO

O entendimento da relação entre morfogênese e pedogênese é importante para compreender a dinâmica das paisagens. Tricart (1968) destaca a importância da pedogênese como sendo um dos elementos da morfogênese, ao mesmo tempo que destaca que a pedogênese é influenciada pela morfogênese, pelos processos de acumulação, erosão e revolvimento de materiais.

A água tem um papel importante nesses processos e Dalrymple, Blong e Conacher (1969), modificado por Dikau, Rasemann e Schmidt (2004), sintetizaram um modelo hipotético apresentando atuação do fluxo hídrico em diferentes segmentos da vertente e como esses fluxos, juntamente com a gravidade, contribuem para o transporte, erosão e deposição do material ao longo da vertente.

Com base nos estudos de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, Queiroz Neto (2011) defende que pedogênese e morfogênese atuam simultaneamente na construção da forma das vertentes. Na coevolução dos processos, a morfogênese seria mais atuante em declividades acentuadas e a pedogênese em áreas com declividades suaves onde se localizam os mantos pedológicos mais profundos (RUBIRA *et al.*, 2019).

A Análise Estrutural da Cobertura Pedológica é uma técnica na qual as interações entre morfogênese e pedogênese podem ser melhores compreendidas por meio da identificação e compreensão do funcionamento

dos sistemas pedológicos (QUEIROZ NETO, 2011). Ainda segundo esse autor, a aplicação dessa técnica pode contribuir para responder às lacunas ainda existentes nas relações entre morfogênese e pedogênese.

Levando em consideração os compartimentos da paisagem da bacia do rio Pirapó elaborados por Nóbrega *et al.* (2015) e objetivando buscar uma melhor compreensão sobre os solos, limitou nesta investigação estudar um sistema pedológico do compartimento basáltico. Para tal, foi aplicada a Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica, a qual comprehende uma parte da Análise Estrutural descrita por Boulet *et al.* (1982), Boulet, Humbel e Lucas (1982a, 1982b), que se configura como importante instrumento para se entender a gênese e dinâmica da cobertura pedológica, com as redistribuições internas de materiais ao longo da vertente e, também, a circulação hídrica nos volumes de solo (BOULET *et al.*, 1982; BOULET, 1992; SOUBIÉS; CHAUVEL, 1984-1985).

II. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, topossequência de solos Dourados, está inserida na margem direita do alto curso do ribeirão Dourados, afluente do rio Pirapó, localizado no Norte do Estado do Paraná, sobre o Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto do Trapp (MAACK, 2012) (Figura 1).

O substrato geológico do compartimento basáltico da bacia do rio Pirapó é constituído pelas Formações Pitanga e Paranapanema, que pertencem ao Subgrupo Serra Geral Centro-Norte (ITCG, 2018b). Nessas formações ocorrem basaltos, andesitos, andesibasaltos, traquibasaltos, traquiandesitos e traquiandesitos basálticos, com diferentes proporções nas quantidades de sílica, zircônio, titânio e fósforo (ITCG, 2018a).

No contexto geomorfológico, a área pertence ao remanescente da superfície de cimeira, superfície essa que, segundo IBGE (2018), apresenta uma pequena inclinação para noroeste, com altitudes que variam entre 800 e 1300 m e modelado de dissecação grosseira e média com aprofundamento de drenagem entre 25 e 40 m. Segundo o modelado do relevo, a área apresenta dissecação homogênea ou diferencial, de topo convexo, com alta densidade de drenagem e aprofundamento da drenagem de 50 a 100m (IBGE, 2019).

A precipitação média anual varia entre 1550 e 1600 mm, com erosividade média anual entre 7600 e 7800 MJ mm $ha^{-1} h^{-1}$ ano $^{-1}$ (TERASSI; SILVEIRA; OLIVEIRA JUNIOR, 2017). Mesmo com essa taxa de erosividade média que está entre os valores mais elevados para a região, a fragilidade ambiental emergente da vertente, segundo mapeamento de Bonifácio (2019), varia entre fraca e moderada, devido, entre outros fatores, a textura argilosa dos solos. A fragilidade ambiental emergente moderada para essa área está geralmente associada ao terço inferior das vertentes.

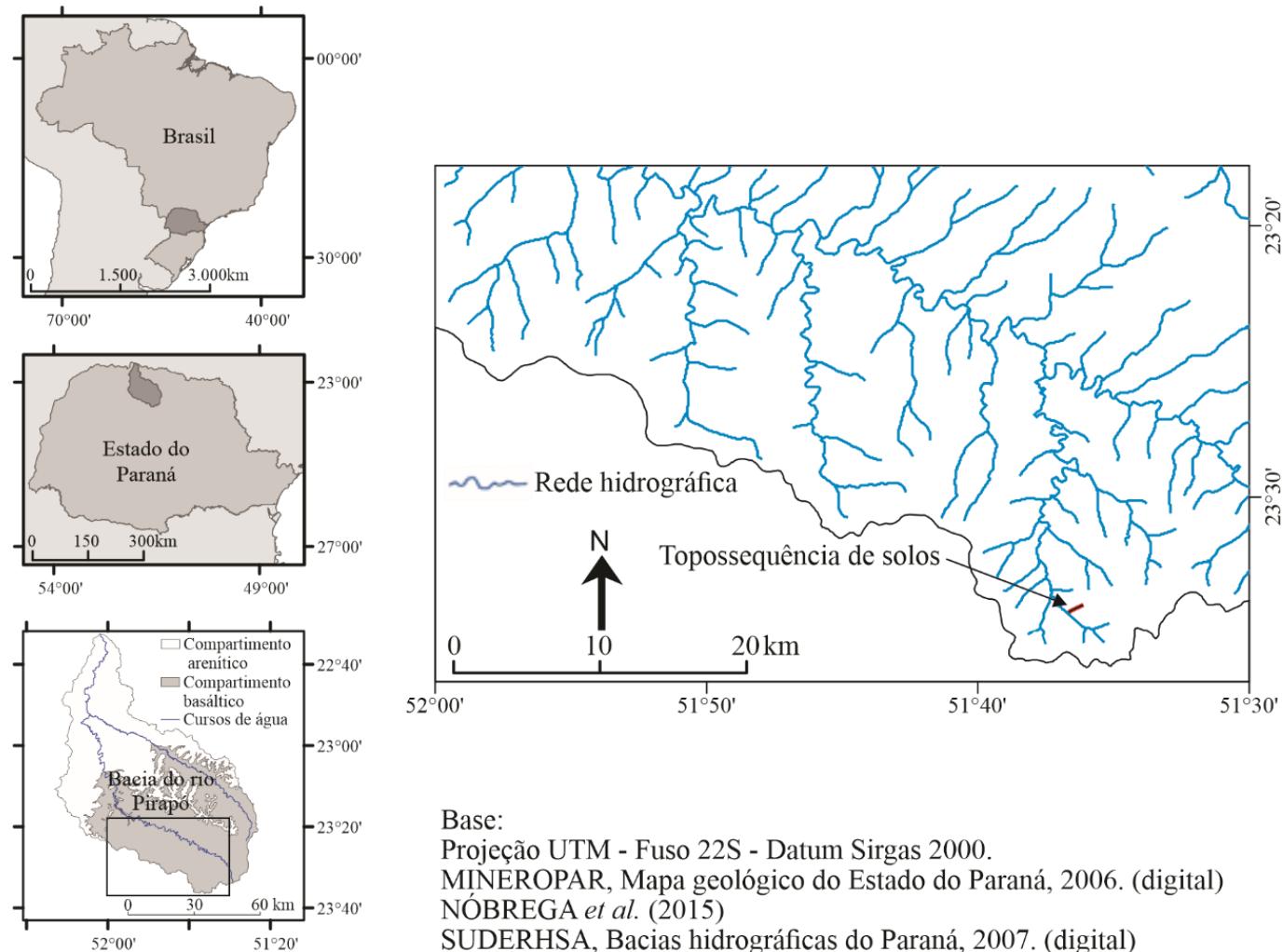


Figura 1 – Mapa de localização da topossequência de solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Para a caracterização do uso do solo foram realizadas observações de campo e entrevista com o proprietário da área. Até o ano de 2010 a área se encontrava sob o cultivo de café, quando foi substituído por culturas temporárias. Segundo informações fornecidas pelo proprietário, nesse processo foi realizado o preparo do solo com aragem e correção química do solo, iniciando a prática de plantio direto com rotação de culturas e adubação verde.

O levantamento seguiu conforme metodologia apresentada por Boulet *et al.* (1982) para a Análise Bidimensional da Cobertura Pedológica. O levantamento topográfico da vertente selecionada foi feito com o uso do clinômetro, trena e régua graduada, segundo procedimento descrito por Marques, Santil e Cunha (2000).

A partir do levantamento topográfico, foi realizada a identificação dos horizontes dos solos, bem como à sua distribuição espacial ao longo da vertente, com o uso do trado manual, tipo holandês. Durante as

sondagens foram coletadas amostras de solo a cada 20 cm de profundidade até atingir dois metros ou a rocha, quando essa estivesse em menor profundidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados para posterior determinação da granulometria e argila dispersa em água. A partir destes resultados que foram confeccionadas as curvas de isovalores de argila e de grau de floculação para a topossequência.

Foram selecionados seis pontos para abertura das trincheiras com o intuito de amostrar os quatro tipos de solos que ocorrem na vertente. Como os Latossolos e Nitossolos ocorrem em maior extensão na vertente, eles foram amostrados em dois perfis cada, para observar com maior detalhe as variações de suas características. Ainda em campo, procedeu-se a delimitação mais detalhada dos horizontes observados ao longo dos perfis, a descrição morfológica, a coleta de amostras deformadas e indeformadas para os diferentes ensaios, além da realização dos ensaios de condutividade hidráulica saturada para cada um dos horizontes.

Foram adotados os critérios e parâmetros indicados no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS *et al.*, 2005), assim como do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), para realizar a delimitação e registro das características de cada um dos horizontes presentes nos perfis, que foram expostos pela abertura das trincheiras, tais como: espessura, transição entre os horizontes, cor, estrutura, consistência e observações de raízes e atividade biológica.

Para a identificação das cores do solo foi utilizada a Carta Munsell de cores de solos (MUNSELL, 1975), sendo essas características importantes para a classificação dos solos, que seguiu o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2018).

As amostras sem estrutura preservada, após serem submetidas a secagem foram destorroadas e passadas em peneira de abertura 2 mm para obtenção da TFSA (terra fina seca ao ar) e foram utilizadas para granulometria e argila dispersa em água. Os dados da análise granulométrica e da argila dispersa em água foram utilizados para determinar o grau de floculação da argila. As amostras com estrutura preservada, coletadas em cilindros volumétricos de 143 cm³ em triplicata, foram utilizadas para quantificar a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade.

Os procedimentos metodológicos seguiram as metodologias apresentadas no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 2017), sendo realizados os ensaios no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. O ensaio de condutividade hidráulica saturada seguiu procedimento apresentado por Elrick, Reynolds e Tan (1989), sendo os valores enquadrados nas classes de condutividade hidráulica saturada apresentado por Klute (1965).

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A topossequência de solos Dourados (Figura 2), localizada no município de Cambira, encontra-se na margem direita do ribeirão Dourados. Atualmente a propriedade é predominantemente ocupada pelo cultivo com culturas temporárias (soja, milho e trigo). Nas áreas de ocorrência dos solos pouco evoluídos, encontra-se a área de preservação permanente (mata ciliar) e também, a ocorrência de uma mancha de capoeira arbórea, com espécies frutíferas em local onde antigamente existiam as edificações da propriedade e um pomar.

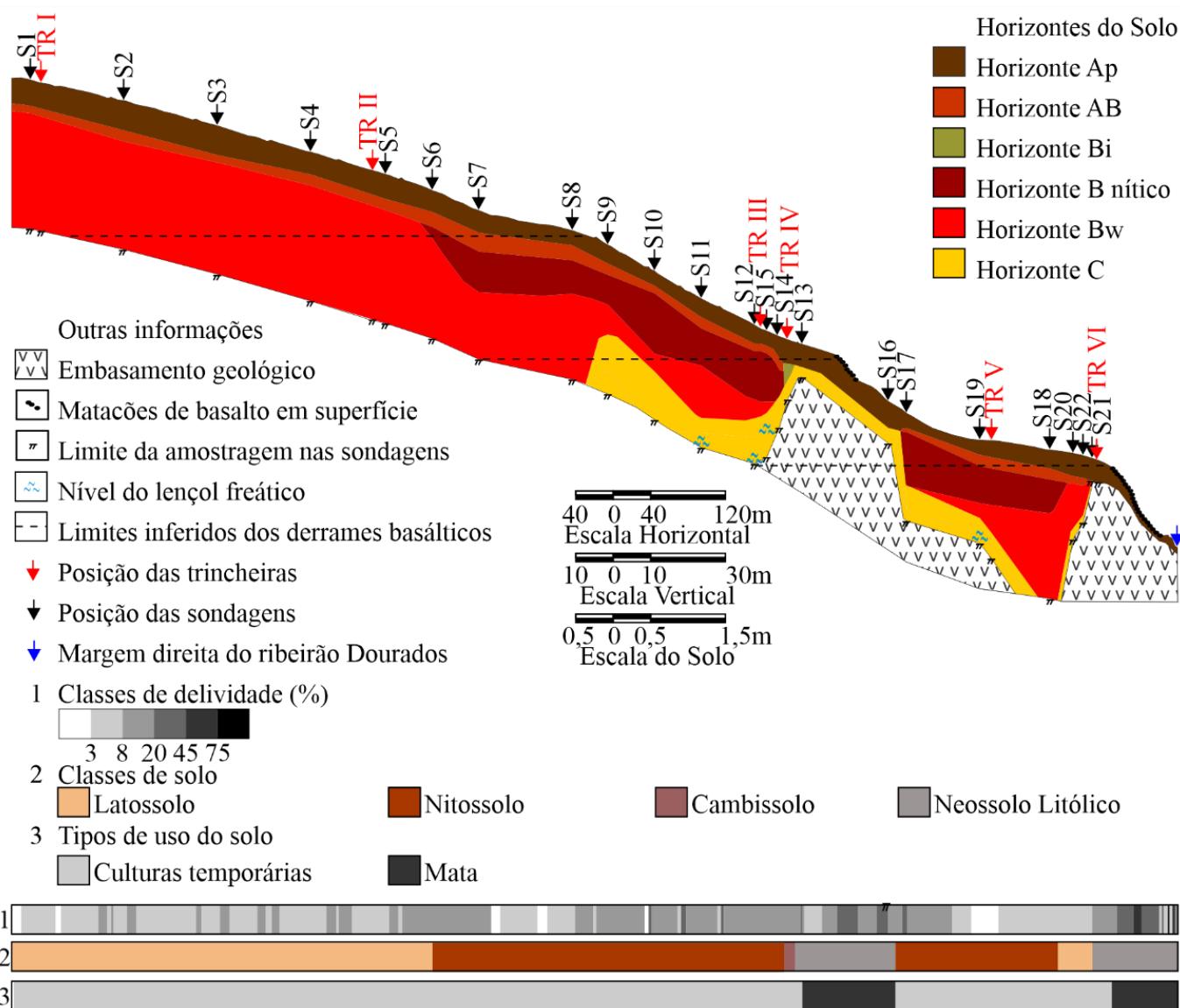


Figura 2 – Toposequência de solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Essa vertente apresenta 1246 m de extensão, 126 m de desnível topográfico e altitudes que variam entre 654 e 780 m. Sua forma é marcada pela presença de três patamares, que contribuem para a presença de várias

rupturas de relevo ao longo da vertente, com segmentos retilíneos, côncavos e convexos. Os segmentos convexos destacam os ombros dos patamares, enquanto os segmentos côncavos estão associados aos sopés deles. As declividades apresentam valores que variam de 1 a 70%, estando os valores mais elevados associados às transições entre os patamares, que possuem intervalos altimétricos que variam de 30 a 40 m entre eles. Tais patamares estão correlacionados as áreas de contato entre derrames de basalto, que compõem o substrato geológico.

No terço superior da vertente, que possui formato convexo e predomínio de declividades inferiores a 8%, a cobertura é formada por Latossolo Vermelho (TRI e TRII) com espessura superior a dois metros e sequência de horizontes Ap, AB, Bw, sendo, esse último, subdividido em três partes devido a variações em algumas de suas características. As principais características morfológicas dos horizontes observadas nos perfis de solos descritos na vertente podem ser consultadas na

Tabela 1.

O terço médio da vertente é marcado por declividades, preferencialmente, entre 8 e 20% e formas côncavas e convexas, abrangendo um dos patamares, onde a cobertura pedológica é composta por Nitossolo Vermelho (TRIII) com espessura média superior a dois metros e que apresenta sequência de horizontes Ap, AB, B nítico, Bw e C. Mesmo com a presença do horizonte B latossólico, o solo é classificado como Nitossolo devido a precedência taxonômica apresentada pelo horizonte B nítico.

A passagem do terço médio para o inferior é marcada por um estreitamento da cobertura pedológica, onde o horizonte B nítico transiciona para o horizonte Bi e o horizonte Bw deixa de ocorrer. Nesse ponto a cobertura pedológica é composta por um Cambissolo (TRIV) com 70 cm de espessura e sequência de horizontes Ap, Bi, C e R. Os solos ficam ainda mais rasos no ombro do patamar que ocorre no início do terço inferior da vertente e tal situação se prolonga no segmento de vertente com declividades que variam de 8 a 45%.

Tabela 1 – Morfologia dos horizontes pedológicos ao longo da topossequência de solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Horizonte e profundidade (cm)	Características Morfológicas dos Solos				
	Cor	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
Perfil TRI – Latossolo Vermelho					
Ap (0-32)	2,5YR4/4	Muito argilosa	Granular e blocos subangulares; médio; moderada a forte	Seco: dura / Úmido: friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, difusa
AB (32-55)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular, blocos angulares e subangulares; pequeno a médio; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, difusa
Bw ₁ (55-93)	10R3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequeno a pequeno; forte	Seco: solta / Úmido: solta / Molhado: plástica e pegajosa	Plana, difusa
Bw ₂ (93-149)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequeno; forte	Seco: solta / Úmido: solta / Molhado: plástica e pegajosa	Plana, difusa
Bw ₃ (149-200+)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequeno a pequeno; forte	Seco: solta / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	-
Perfil TRII – Latossolo Vermelho					

Horizonte e profundidade (cm)	Características Morfológicas dos Solos				
	Cor	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
Ap (0-26)	2,5YR4/4	Muito argilosa	Blocos subangulares e granular; médio, forte	Seco: dura / Úmido: firme / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana difusa
AB (26-42)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Blocos subangulares e granular; pequeno e médio; forte	Seco: macia / Úmido: friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana difusa
Bw ₁ (42-75)	10R3/6	Muito argilosa	Granular; pequeno; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: plástica e pegajosa	Plana difusa
Bw ₂ (75-140)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequeno; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: plástica e pegajosa	Plana difusa
Bw ₃ (140-200+)	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequeno; forte	Seco: solta / Úmido: muito friável / Molhado: plástica e ligeiramente pegajosa	-
Perfil TRIII – Nitossolo Vermelho					
Ap (0-20)	2,5YR3/4 a 2,5YR3/6	Argilosa	Blocos subangulares e granular; médio a grande; forte	Seco: ligeiramente dura a dura / Úmido: firme / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, gradual
AB 20-37	2,5YR3/6	Muito argilosa	Blocos subangulares e angulares; médio; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, difusa
B nítico 37-99	10R3/4	Muito argilosa	Blocos angulares, subangulares e prismática; médio a grande; forte	Seco: macia / Úmido: friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, gradual
Bw 99-109	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; muito pequena a pequena; forte	Seco: solta / Úmido: muito friável / Molhado: plástica e pegajosa	Ondulada, clara
C 109-155+	5R5/8; 2,5YR3/6; 2Y3/2	Argilosa	-	-	-
Perfil TRIV – Cambissolo					
Ap 0-23	10R2,5/2	Argilosa	Granular, blocos subangulares e angulares; médio a grande; forte	Seco: macia a ligeiramente dura / Úmido: friável a firme / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, gradual
Bi 23-55	2,5YR3/4	Muito argilosa	Blocos subangulares e angulares; médio a grande; moderado	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: plástica a muito plástica e muito pegajosa	Irregular, difusa
C 55-70+	2,5YR3/4; 2,5YR2,5/2; 5YR6/6; 5YR4/2	Argilosa	Blocos angulares e subangulares; pequeno a médio; fraco a moderado	Seco: macia a ligeiramente dura / Úmido: friável a firme / Molhado: ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa	-
Perfil TRV – Nitossolo Vermelho					
Ap 0-20	2,5YR3/4	Argilosa	Blocos subangulares, blocos angulares e granular; médio e grande; moderado a forte	Seco: ligeiramente dura / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, gradual
AB 20-34	2,5YR3/4	Muito argilosa	Blocos subangulares e angulares; médio e grande; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, difusa
B nítico 34-82	2,5YR3/6	Muito argilosa	Blocos angulares, blocos subangulares e prismática; médio; forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: muito plástica e muito pegajosa	Plana, difusa
Bw 82-122	2,5YR3/6	Muito argilosa	Granular; pequeno a médio; moderado a forte	Seco: macia / Úmido: muito friável / Molhado: plástica e pegajosa	Ondulada, clara
C 122-150+	10R3/4 10YR6/6 10YR2/1 10R4/8	Argilosa	-	-	-
Perfil TRVI – Neossolo Litólico					
Ap 0-18	2,5 YR 3/6	Argilosa	Blocos subangulares, granular e blocos angulares; médio; moderado	Seco: ligeiramente dura a dura / Úmido: friável / Molhado: plástica e pegajosa	Ondulada, abrupta
R 18+	-	-	Basalto	-	-

Nesse setor (passagem do terço médio para o inferior) ocorrem Neossolos Litólicos com menos de 50 cm de espessura, estando o horizonte Ap separado da rocha por um horizonte C, que tem espessura aproximada de 20 centímetros. No segmento com maior declividade ocorrem matações de basalto em superfície. Ao aproximar-se do sopé desse patamar o solo se espessa, sendo formado pela sequência de horizontes Ap, AB, B

nítico, Bw e C, que faz com que a cobertura pedológica seja constituída por Nitossolo Vermelho (TRV), devido a precedência taxonômica do horizonte B nítico sobre o B latossólico. A espessura do Nitossolo Vermelho (TRV) é superior a 1,2 m nesse segmento, onde a declividade é de 8 a 20% e posteriormente no topo desse terceiro patamar que possui declividades de 0 a 8%.

Ao aproximar-se do ombro do patamar, o horizonte B nítico desaparece ocorrendo uma faixa estreita de Latossolo Vermelho com menos de um metro de espessura e sequência de horizontes Ap, AB, Bw e C. No ombro desse patamar, a cobertura pedológica volta a estreitar e desaparecem os horizontes AB, Bw e C, sendo a cobertura pedológica formada por Neossolos Litólicos (TRVI), com horizonte A sobreposto a rocha até o final da vertente, na margem do curso de água.

Bousquet e Holveck (1999) apresentaram um sistema pedológico semelhante a este para a topossequência Bela Vista, localizada à margem direita do ribeirão Bandeirantes do Norte, afluente do rio Pirapó, município de Rolândia-PR, inserida na mesma unidade de modelado do relevo da topossequência Dourados. As autoras destacaram que se trata de uma sequência de solos de textura argilosa com predomínio de agregados granulares no topo que reduzem em direção à jusante, ao passo que os agregados em blocos angulares e subangulares aumentam em direção à baixa vertente, caracterizando um sistema de transformação Latossolo-Nitossolo.

A granulometria dos horizontes amostrados nos perfis de solo descritos na topossequência revela predominância da fração argila, seguida pela fração silte. A fração areia ocorre em pequena quantidade nos solos amostrados.

No topo e alta vertente, onde ocorre a cobertura latossólica (perfis da TRI e da TRII), a composição granulométrica indica textura muito argilosa em todo perfil, com teores de argila superiores a 690 g kg^{-1} . A distribuição das frações em profundidade é relativamente homogênea, sendo possível perceber pequenas variações nas curvas de argila em superfície, para ambos os perfis. A redução de argila em superfície é acompanhada principalmente pelo incremento na fração silte.

O teor de silte nesse setor apresenta valores que variam de 186 a 249 g kg^{-1} , nos horizontes AB da TRII e Ap da TRI, respectivamente. De modo geral, em superfície e na base dos perfis os resultados demonstraram uma elevação nos teores de silte. Quando verificado os teores de silte separados por silte fino e silte grosso, os valores do primeiro são sempre superiores, entre 11 e 64 g kg^{-1} , nos horizontes da cobertura latossólica.

A relação entre as frações silte e argila nos horizontes do Latossolo apresentam valores que variaram de 0,2 a 0,4 de forma aleatória ao longo dos perfis, contudo, demostram o alto grau de intemperismo, uma vez que são menores que 0,6, valor de referência para solos argilosos segundo Embrapa (2018).

A fração areia ocorreu em quantidade muito pequena nos solos (39 a 63 g kg^{-1}), tendo uma distribuição muito homogênea com valores um pouco mais elevados em superfície e variando de forma aleatória no restante do perfil. Existe predomínio da fração areia fina em relação a areia grossa, sendo o valor médio da primeira nove vezes maior que o da segunda.

Os dados de argila dispersa em água permitem verificar na cobertura latossólica valores elevados no horizonte superficial variando entre 419 a 453 g kg^{-1} , e uma redução nos horizontes subsuperficiais, com valores inferiores a 50 g kg^{-1} . Quando comparados com os valores de argila total, o grau de floculação das argilas é inferior a 40% no horizonte Ap e superior a 90% nos horizontes subsuperficiais. Essa maior dispersão da fração argila em superfície deve estar associada a aplicação de insumo para a correção do solo. Tal relação entre aplicação de calcário e dispersão da fração argila foi comprovada por Spera *et al.* (2008) e Nunes *et al.* (2010).

Na cobertura nitossólica (perfis da TRIII e da TRV) é possível perceber significativa variação textural em profundidade na passagem do horizonte Ap (argilosa) para o AB (muito argilosa) e, também, do Bw (muito argilosa) para o C (argilosa). Os valores de argila variaram de 421 a 785 g kg^{-1} , sendo que os maiores valores de cada perfil correspondem ao horizonte B nítico, enquanto os menores valores ocorrem no horizonte C.

Os valores de silte nos perfis de Nitossolo variaram de forma oposta aos valores de argila, sendo maiores em superfície e na base do perfil, chegando a 497 g kg^{-1} no horizonte C do perfil da TRIII, e menores nos horizontes B (com menor valor de 204 g kg^{-1} no horizonte B nítico do Perfil da TRV). As quantidades de material nas frações silte fino e silte grosso, assim como na cobertura latossólica, revelaram predomínio do material mais fino em todos os horizontes do Nitossolo.

A relação entre as frações silte e argila nos horizontes do Nitossolo apresentaram valores que variaram de 0,3 a 1,2, sendo que para os horizontes AB, B nítico e Bw, foram inferiores a 0,4, relevando alto intemperismo segundo Embrapa (2018). Para os horizontes Ap e C, as cifras variaram entre 0,7 e 1,2, demonstrando o baixo intemperismo para o horizonte superficial e para o horizonte C, segundo essa análise (EMBRAPA, 2018).

Os teores de areia são muito baixos (12 a 82 g kg^{-1}) e a variação apresentou o mesmo comportamento da fração silte, sendo maiores em superfície (Ap) e na base dos perfis (C) e menores nos horizontes B. Os teores de areia fina são em média cinco vezes maiores que os teores de areia grossa. A fração areia do perfil da TRIII,

apresentou distinção quanto a composição da areia do perfil da TRV, sendo no primeiro, maior a presença de minerais silicáticos e, no segundo, ferromagnesianos.

Os valores de argila dispersa em água no Nitossolo foram maiores no horizonte AB (450 a 472 g kg⁻¹), que por esse motivo apresentou os menores graus de floculação, que variou de 32 a 34%. Enquanto o horizonte Bw, localizado abaixo do B nítico foi o que teve a menor quantidade de argila dispersa em água (4 e 15 g kg⁻¹) e respectivamente o maior grau de floculação das argilas (99 e 98%).

O Cambissolo que ocorre em uma área bem restrita (TRIV), apresentou significativa variação textural no perfil, de argiloso a muito argiloso. Os valores de argila oscilaram de 464 a 729 g kg⁻¹, sendo a maior quantia no horizonte B incipiente e a menor no horizonte C. Quanto aos teores de silte (entre 262 e 515 g kg⁻¹), o maior valor foi observado no horizonte C e o menor do horizonte B, comportamento inverso ao apresentado pelos teores de argila. Aqui, no horizonte C, o teor de silte grosso foi superior ao de silte fino, situação inversa à observada nos demais horizontes que apresentaram maior participação da fração silte fino. A relação silte argila apresentou valores de 0,4 no horizonte B incipiente, 0,7, no horizonte Ap, e 1,1, para o horizonte C, revelando alto intemperismo para o horizonte B (EMBRAPA, 2018). A fração areia com valores que variaram de 10 a 26 g kg⁻¹ é formada, predominantemente, por areia fina e o horizonte Bi é o que tem menor quantidade dessa fração. A composição da fração areia do Cambissolo é semelhante a do Nitossolo (TR III), com grande quantidade de minerais silicáticos.

A argila dispersa em água foi elevada em todos os horizontes do Cambissolo e as quantias variaram de 317 a 419 g kg⁻¹, implicando em grau de floculação que oscilou de 32 a 44%, sendo estes, considerados valores baixos, demonstrando a instabilidade das estruturas formadas, visto que a argila tem facilidade para movimentar-se no solo.

Os solos jovens, representados na TRVI, apresenta apenas o horizonte Ap de textura argilosa, com 578 g kg⁻¹ de argila, 377 g kg⁻¹ de silte (predomínio de silte fino) e 44 g kg⁻¹ de areia (3 vezes mais areia fina que grossa). Esse horizonte pode ser considerado pouco intemperizado, segundo Embrapa (2018), devido a relação silte/argila ser de 0,7. O teor de argila dispersa em água foi relativamente elevado, 266 g kg⁻¹, e implicou em um grau de floculação de 54%, indicando uma fragilidade para a estrutura desse solo quando molhado, pela possibilidade de movimentação da fração argila.

A Figura 3, confeccionada a partir dos dados de argila obtidos por análise granulométrica das sondagens, permitem uma melhor compreensão das variações do teor de argila na toposequência.

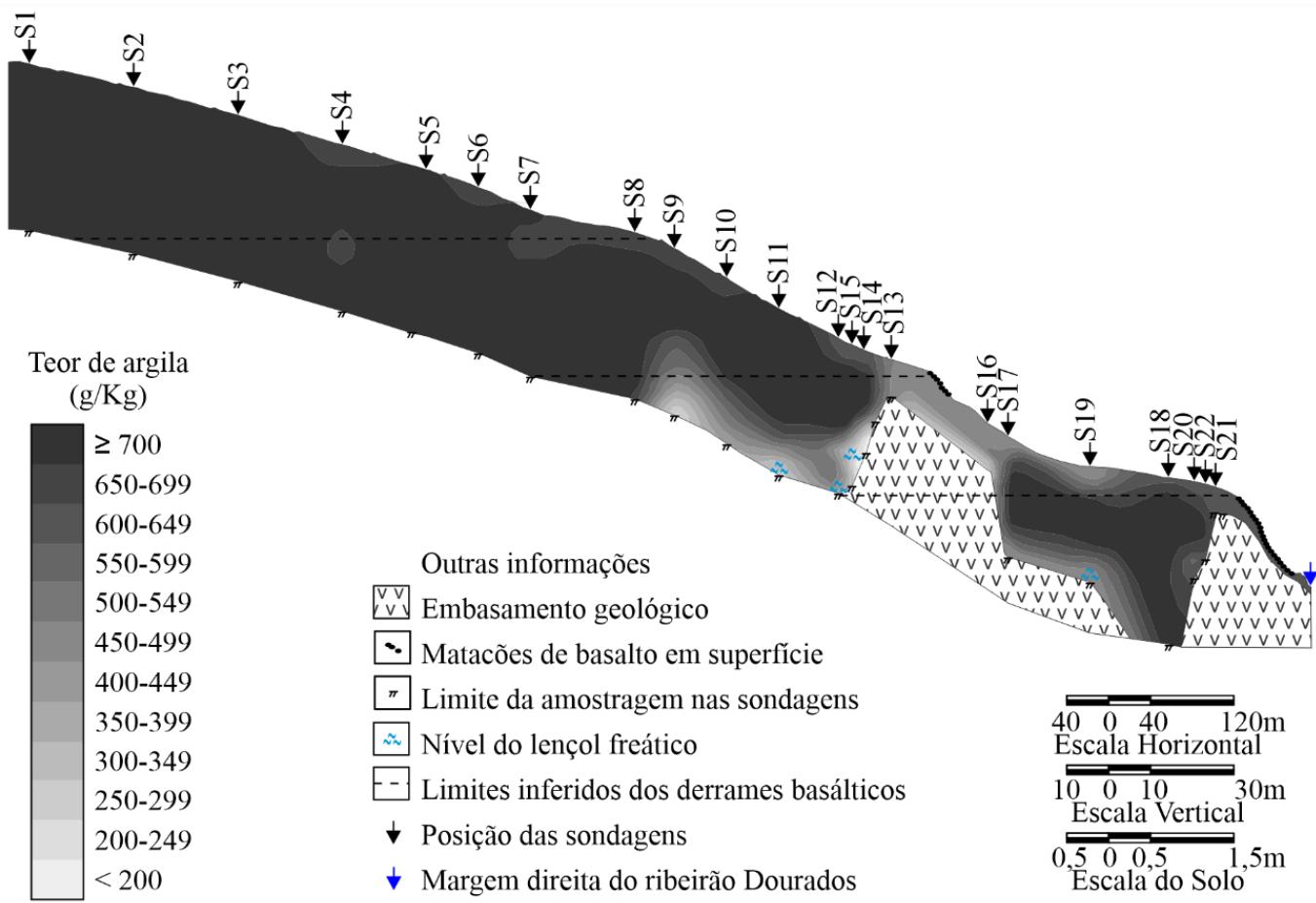
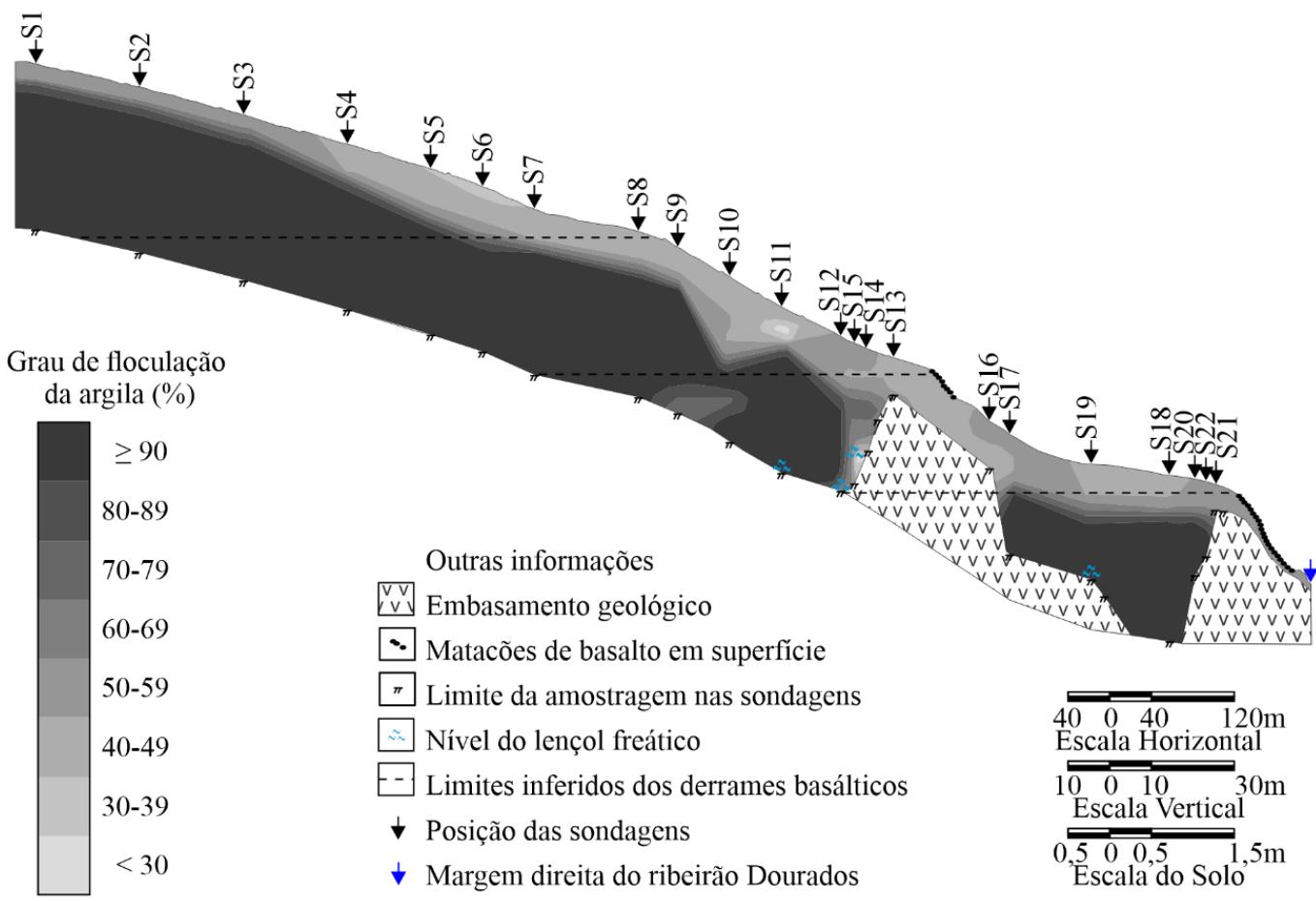


Figura 3 – Curvas de isovalores do teor de argila da topossequência de solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Os materiais com teores de argila superiores a 700 g kg^{-1} predominam no topo e alta vertente, até a sondagem 8. Após esse ponto da vertente, o material mais argiloso fica confinado por materiais que apresentam redução dos teores de argila em direção à superfície e, também, em profundidade com a proximidade da rocha. Quando a rocha fica próxima da superfície, entre as sondagens 14 e 17 e a partir da sondagem 22, no sopé da vertente, esse material mais argiloso deixa de ocorrer, formando uma descontinuidade.

De modo geral, essas áreas com teores de argila superiores a 700 g kg^{-1} correspondem aos horizontes Bw e B nítico, ao longo de toda vertente, ao horizonte AB, do topo até a média vertente e, ao Ap, no topo e alta vertente. A faixa com redução do teor de argila em profundidade a partir da sondagem 8, marca a ocorrência do horizonte C, que quanto mais próximo a rocha, menores são as quantidades dessa fração granulométrica, com valores menores que 200 g kg^{-1} nas sondagens 9, 11 e 15. A partir da sondagem 12 até a base da topossequência, os teores de argila também reduzem na superfície, variando de 500 a 649 g kg^{-1} , sendo que os menores valores em superfície ocorrem entre as sondagens 13 e 19.

A partir do resultado da determinação do grau de floculação da argila das amostras foi elaborada a Figura 4, que mostra a distribuição desses dados na toposequência a partir das curvas de isovalores do grau de floculação da argila.



As isolinhas de grau de floculação da argila permitem visualizar que o horizonte Ap e parte do horizonte AB apresentaram floculação menor que 60%, indicando que os agregados desses horizontes mais superficiais possuem menor estabilidade quando molhados, pois parte das argilas que formam estes agregados podem entrar em suspensão. De forma geral, abaixo dos 50 cm de profundidade o grau de floculação é predominantemente superior a 90%, na maioria dos resultados próximos a 100%, revelando maior estabilidade para os agregados, que dificilmente liberam partículas de argila para ocorrer a e/iluviação.

Os valores de densidade do solo para os horizontes na cobertura latossólica (TRI e TRII) variaram de 0,91 a 1,11 g cm⁻³. Do horizonte Ap para o AB houve um aumento no valor da densidade do solo, que passou em

média de 1,08 g cm⁻³ em superfície para 1,11 g cm⁻³ em subsuperfície. Nas subdivisões do horizonte Bw, os resultados da densidade reduziram progressivamente em profundidade apresentando média de 0,94 g cm⁻³ no Bw₃.

Os valores médios de porosidade total de todos os horizontes reduziram aproximadamente 6,3% ao se deslocar lateralmente 250 m do topo (perfil da TRI) para a alta vertente (perfil da TRII), influenciado principalmente pela redução da macroporosidade, que em média foi de 6,2%. Tal situação pode favorecer maior infiltração vertical de água no Latossolo localizado na área do topo em relação a alta vertente. Ao verificar a variação vertical dos valores de porosidade total, constatou-se que a maior oscilação ocorreu pela redução do horizonte Ap para o AB no perfil da TRI (4,55%), enquanto que, no perfil da TRII, a maior alteração ocorreu com o aumento do Bw₁ para o Bw₃ (4,39%).

O horizonte AB foi o que apresentou menor macroporosidade verticalmente na cobertura latossólica, 11,62 e 7,19%, ao mesmo tempo em que foi o horizonte com maior quantidade de microporos, 48,60% e 48,03%, respectivamente para os perfis da TRI e da TRII, o que corrobora com a ocorrência da maior densidade observada para esse horizonte.

Os dados da condutividade hidráulica saturada para o Latossolo revelaram que o horizonte superficial apresentou menor infiltração (16,1 mm h⁻¹) estando enquadrado na classe moderadamente lento (KLUTE, 1965), enquanto que o horizonte AB, apresentou o maior valor (55,6 mm h⁻¹) e, juntamente com o Bw (52,6 mm h⁻¹), se enquadrou na classe moderado (KLUTE, 1965), contrariando os dados de porosidade e densidade do solo observados no horizonte AB. Esses resultados demonstraram que se a água infiltra no horizonte superficial, a mesma apresenta tendência em ter seu fluxo predominantemente vertical. Na Figura 5 está a distribuição espacial dos valores de condutividade hidráulica dos horizontes segundo a classe (KLUTE, 1965) em que os mesmos se enquadram, permitindo melhor visualização e inferência dos fluxos hídricos na toposequência.

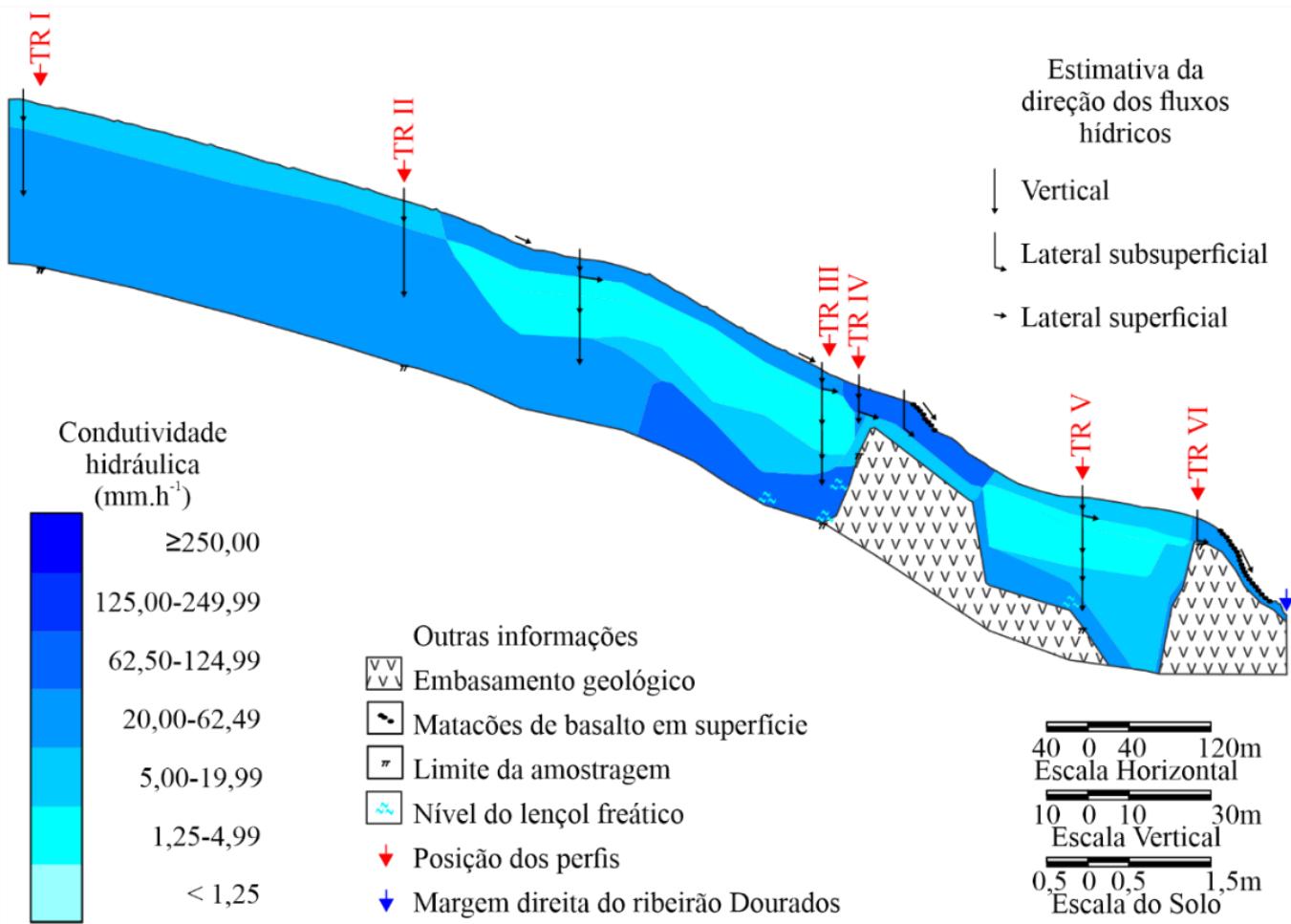


Figura 5 – Condutividade hidráulica dos horizontes e provável circulação hídrica na Topossequência de Solos Dourados, Cambira, PR, Brasil

Os valores de densidade do solo para os horizontes na cobertura nitossólica (TRIII e TRV) variaram de 0,99 a 1,30 g cm⁻³. No perfil da média vertente (TRIII) o maior valor de densidade do solo ocorreu em superfície (1,30 g cm⁻³), reduzindo gradativamente até a densidade de 1,06 g cm⁻³ no horizonte C. Já no perfil da TRV, do horizonte Ap para o AB houve um aumento no valor da densidade do solo, que passou de 1,11 g cm⁻³ em superfície para 1,22 g cm⁻³ em subsuperfície, nos horizontes subsequentes houve redução da densidade até atingir 0,99 g cm⁻³ no horizonte C. Os dados de densidade do horizonte Ap identificado na TRIII e AB da TRV foram mais elevados e sugerem a compactação destes horizontes, causada pelo manejo das culturas temporárias que utilizam maquinários pesados, capazes de aproximar as partículas dos solos, tornando-os mais adensados. Em solos de textura argilosa, valores de densidade iguais ou superiores a 1,3 g cm⁻³ são considerados críticos para o desenvolvimento de plantas e para a circulação hídrica (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003), evidenciando a compactação descrita.

Ainda na cobertura nitossólica, os valores médios de porosidade total de todos os horizontes aumentaram 3,4% do perfil da TRIII para o perfil da TRV, influenciado principalmente pelo aumento médio de 2,2% da microporosidade. Contudo, ao analisar a variação vertical da porosidade total nos perfis de Nitossolo, o perfil de montante apresentou redução da porosidade do horizonte Ap para o AB de 57,21 para 55,67%, voltando a aumentar em profundidade até atingir o valor de 61,84% no horizonte C. No perfil da TRV, a porosidade reduziu de 62,66%, no horizonte Ap, para 58,93%, no horizonte B nítico e aumentou desse para o Bw, onde atingiu o valor de 62,92%, voltando a reduzir para 62,16% no horizonte C.

Quanto à variação vertical da macroporosidade nos perfis de Nitossolo, foram constatados os maiores valores em superfície (11,81 e 21,38%) e os menores valores para o horizonte AB (8,91%) e B nítico (4,91%) nos perfis da TRIII e da TRV, respectivamente; tais reduções apresentam relação com a compactação e estruturação do solo em agregados em blocos.

A condutividade hidráulica dos horizontes do Nitossolo variou entre as classes lento e moderadamente rápido (KLUTE, 1965). Na classe lento estão os horizontes AB (2,0 e 1,7 mm h⁻¹) e B nítico (3,1 e 2,1 mm h⁻¹), dos perfis da TRIII e TRV, respectivamente. Na classe moderadamente lento se enquadram os horizontes Ap (8,7 mm h⁻¹), do perfil da TRV, e Bw (12,3 e 8,5 mm h⁻¹), respectivamente dos perfis da TRIII e da TRV. Já os horizontes Ap (TRIII) e C (TRV) apresentaram respectivamente valores de 22,0 e 31,3 mm h⁻¹, ficando enquadrados na classe moderado, enquanto o horizonte C (TRIII) com valor de condutividade hidráulica de 64,3 mm h⁻¹ se enquadrou na classe moderadamente rápido. Tais variações relevam a possível ocorrência de fluxos laterais subsuperficiais de água sobre o horizonte AB, pois o mesmo se comporta como uma barreira para a infiltração vertical da água, diferentemente dos resultados encontrados nas trincheiras I e II, nos Latossolos. Os horizontes que possuem agregados granulares, principalmente o Ap, foram mais permeáveis do que os horizontes AB e B nítico, onde predominam as estruturas em blocos, concordando com os dados de macroporosidade obtidos.

Os dados de densidade dos horizontes do Cambissolo variaram de 1,08 a 1,16 g cm⁻³. O menor valor de densidade do solo foi em superfície, associado à ocorrência de maior porosidade total (64,17%), composta por 22,15% de macroporos e 42,02% de microporos. Já o horizonte B incipiente apresentou aumento na densidade do solo para 1,15 g cm⁻³ e, consequentemente, redução da porosidade total para 59,17%, marcado por significativa diminuição da macroporosidade, que foi de 15,48%. Para o horizonte C foi obtido densidade de 1,16 g cm⁻³ e novamente redução da porosidade total (58,34%) e macroporosidade (11,64%).

Os valores de condutividade hidráulica reduziram em profundidade no Cambissolo, tendo o maior valor registrado no horizonte Ap (67,1 mm h⁻¹), pertencente a classe moderadamente rápida (KLUTE, 1965). O

horizonte Bi foi classificado como moderado (KLUTE, 1965), com valor de 22,6 mm h⁻¹ e, com a redução para 5,1 mm h⁻¹ no horizonte C, que se enquadrou na classe moderadamente lento (KLUTE, 1965). Essa variação destaca a existência de fluxos laterais subsuperficiais entre a base do horizonte Ap e o topo do horizonte Bi e entre os horizontes Bi e C, pois à medida que a água infiltra encontra barreiras, inclusive com a proximidade da rocha, que pode contribuir para existência de lençol freático suspenso.

O horizonte Ap do Neossolo apresentou valores reduzidos de densidade do solo (0,99 g cm⁻³), corroborado pela porosidade total de 62,53% (22,99% de macroporos). Essas características contribuíram para que esse horizonte fosse enquadrado na classe de condutividade hidráulica moderado (KLUTE, 1965), com fluxo de 60,3 mm h⁻¹. O fato de a rocha ocorrer abaixo desse horizonte e próximo a superfície, promove a existência de fluxo hídrico lateral subsuperficial que pode, auxiliado pelo valor de declividade, promover a erosão do material.

Os dados do sistema pedológico Dourados revelaram que para os Latossolos Vermelho, a tendência é um aumento em profundidade da condutividade hidráulica, assim como verificado por Rocha (2016), mesmo com a redução da macroporosidade, principal responsável pela movimentação de água no interior do solo; enquanto que para os demais tipos de solo, ocorreu uma tendência de redução da condutividade hidráulica em subsuperfície, gerando potencial para o desenvolvimento de fluxos hídricos laterais subsuperficiais. Demarchi, Piroli e Zimback (2019) destacam que em áreas com maior declividade da vertente, mesmo em solos de textura argilosa, podem contribuir para a suscetibilidade natural à erosão aumentar.

Os fluxos laterais ocorrem principalmente a partir da média vertente, quando as declividades ficam mais acentuadas e passa a ter a ocorrência do horizonte nítico, estruturado em blocos e com menor quantidade de macroporos. Essa importância das estruturas dos horizontes de solo na dinâmica da circulação hídrica na vertente foi observada também por Magalhães, Cunha e Nóbrega (2017). E a distribuição dos fluxos hídricos ao longo das vertentes corrobora com a interpretação da fragilidade ambiental estimada apresentada por Bonifácio (2019), que marca essas áreas como sendo de maior fragilidade.

IV. CONCLUSÕES

Ao caracterizar os solos da topossequência de solos Dourados foi possível uma melhor compreensão sobre a distribuição dos solos do compartimento basáltico nas áreas que possuem vertentes com formas semelhantes às aqui apresentada. No terço superior da vertente estão os solos mais evoluídos e à medida que seguem em direção a média vertente, existe uma maior instabilidade com a formação de patamares, associados

aos contatos das camadas de basalto do substrato geológico, e ocorrência de declividades maiores, levando a ocorrência de solos mais jovens.

A topossequência de solos Dourados apresenta sistema pedológico composto por Latossolo Vermelho – Nitossolo Vermelho – Cambissolo – Neossolo Litólico – Nitossolo Vermelho – Latossolo Vermelho – Neossolo Litólico, no sentido do topo para o sopé da vertente. A estrutura morfológica e a condutividade hidráulica saturada permitiram compreender que no setor de montante, na cobertura latossólica, a infiltração de água é predominantemente vertical, ao passo que a partir do aparecimento do Nitossolo Vermelho, na passagem da alta para a média vertente, passa a gerar fluxos laterais subsuperficiais.

A transformação do Nitossolo em Cambissolo ocorre devido à redução da espessura do solo, relacionada diretamente as áreas de maiores declividades. Quando o solo se torna ainda menos espesso, o horizonte B incipiente deixa de ocorrer, estando o horizonte Ap diretamente sobre o horizonte C ou sobre a rocha formando os Neossolos.

Além da dinâmica natural que atua na formação e transformação dos solos, foram identificadas alterações impostas pelo manejo das culturas temporárias. Os horizontes superficiais apresentam alterações de suas características, com mudança na estrutura do solo com o processo de compactação demonstrado pelos resultados dos ensaios. Ainda sobre os horizontes superficiais foi verificada maior dispersão da fração argila do solo, que pode estar associada ao uso de insumos agrícolas, visto que em profundidades menos afetadas pelo manejo a dispersão dessa fração apresenta redução.

V. REFERÊNCIAS

- BONIFÁCIO, C. M. Fragilidade ambiental e qualidade da água na Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná. (Tese de doutorado) Maringá: Programa de Pós-graduação em Geografia / UEM. 2019. 205f.
- BOULET, R. Uma evolução recente da pedologia e suas implicações no conhecimento da gênese do relevo. In: Congresso da ABEQUA, 3, 1992, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, p. 43-58, 1992.
- BOULET, R.; CHAUVEL, A.; H. F-X; LUCAS, Y. Analyse structurale et 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, v. 19, n. 4, p. 309-322, 1982.
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pedologie II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cahiers ORSTOM, v. 19, n. 4, p. 323-339, 1982a.
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pedologie III. Passage de la phase analytique à une cartographie général synthétique. Cahiers ORSTOM, v. 19, n. 4, p. 341-351, 1982b.
- BOUSQUET, E.; HOLVECK, S. Interações Homem-Solo sobre a Microbacia do Ribeirão Bandeirantes do Note

(Paraná-Brasil). Londrina: Ed. UEL, 1999.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Estimativa de perda de solos por erosão laminar e linear na bacia hidrográfica do ribeirão das Perobas (SP), nos anos de 1962 e 2011. Revista Ra'e Ga, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 110-131, 2019.

DIKAU, R.; RASEMANN, S.; SCHMIDT, J. Hillslope, Form. In: GOUDIE, A. Encyclopedia of Geomorphology. International Association of Geomorphologists, v. 1, p. 516-521, 2004.

ELRICK, D. E.; REYNOLDS, W. D.; TAN, K. A. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. Summer, p. 184-193, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Manual de métodos de análise de solo. 3 ed. rev. amp. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha SF-22 Paranapanema: geologia, geomorfologia, pedologia, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, IBGE, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. Rio de Janeiro, IBGE, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa geomorfológico do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 2019.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Mapa Geológico do Grupo Serra Geral no Estado do Paraná: nota explicativa. Curitiba: ITCG, 2018a. Disponível em: <http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-minerop@ae132ac5-6014-4b3b-9859-8be138b43939>, acessado em 11/10/2020.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Mapa Geológico do Grupo Serra Geral no Estado do Paraná. Curitiba: ITCG, 2018b. Disponível em: <http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escriba-minerop@5ee9a08d-c8a2-49ef-bee7-1384a87c024e>, acessado em 11/10/2020.

KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. (Ed.). Methods of soil analysis – Part 1: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: Ameriacan Society of Agronomy, 1965. p. 210-221.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 4 ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. Dinâmica físico-hídrica de um sistema pedológico Latossolo-Nitossolo. Mercator, v. 16, e16022, 2017.

MARQUES, A. J.; SANTIL, F. L. P.; CUNHA, J. E. O uso do clinômetro no levantamento topográfico. Estudo de caso: levantamento pedológico. Boletim de Geografia, Maringá, v. 18, n. 1, p. 135-141, 2000.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. Mapa geológico do Paraná: folhas Londrina e Presidente Prudente. Curitiba: MINEROPAR. 2006. 2 Mapas digitais.

MUNSELL, L. Munsell soil color charts. Baltimore, USDA, 1975.

NÓBREGA, M. T.; SERRA, E.; SILVEIRA, H.; TERASSI, P. M. B.; BONIFÁCIO, C. M. Landscape structure in the Pirapó,

Paranapanema 3 and 4 Hydrographic Unit, in the state of Paraná, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 75, n. 4:2, p. S107-S119, 2015.

NUNES, L.A.P.L.; DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N.F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeiro na zona da mata de Minas Gerais. *Bioscience Journal*, v.26, n.1, p. 71-78, 2010.

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 3, p. 15-24, 2011.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência e Ambiente*, v.27, p.29-48, 2003.

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. (Tese de doutorado) Maringá: Programa de Pós-graduação em Geografia / UEM. 2016. 165f.

RUBIRA, F. G.; BARREIROS, A. M.; VILLELA, F. N; J.; PEREZ FILHO, A. Sistemas pedogeomorfológicos na interpretação da evolução de paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos. *Mercator*, v. 18, p. 1-17, 2019.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Viçosa: SBCS. 5^a ed. 2005.

SOUBIÉS, F.; CHAUVEL, A. Présentation de quelques systèmes de sols observes au Brésil. *Cahiers ORSTOM*, v. 21, n. 4, p. 237-251, 1984-1985.

SPERA, S. T.; DENARDIN, J. E.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P. FIGUEROA, E. A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubados com calcário. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 32, n.spe, p. 2613-2620, 2008.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Bacias hidrográficas do Paraná. Curitiba: SUDERHSA. 2007. 1 Mapa digital.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F. Variabilidade pluviométrica e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – Paraná. *Revista Ra'e Ga*, Curitiba, v. 39, p. 76-91, 2017.

TRICART, J. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. *Notícia Geomorfológica*, v. 8, n. 15, p. 5-18, 1968.