



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARCOS APARECIDO GONÇALVES

**CARACTERIZAÇÃO DE DUAS TOPOSSEQUÊNCIAS DE
SOLOS DO MUNICÍPIO DE ALVORADA DO SUL, PR**

Londrina
2010

MARCOS APARECIDO GONÇALVES

**CARACTERIZAÇÃO DE DUAS TOPOSSEQUÊNCIAS DE
SOLOS DO MUNICÍPIO DE ALVORADA DO SUL, PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Filho

Londrina
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca
Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G635c Gonçalves, Marcos Aparecido.

Caracterização de duas topossequências de solos do município de Alvorada do Sul, PR / Marcos Aparecido Gonçalves. – Londrina, 2010.
65 f. : il.

Orientador: João Tavares Filho.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Solos – Classificação – Teses. 2. Solos – Estrutura – Teses. 3. Solos – Formação – Teses. 4. Agronomia – Teses. I. Tavares Filho, João. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.4

MARCOS APARECIDO GONÇALVES

**CARACTERIZAÇÃO DE DUAS TOPOSSEQUÊNCIAS DE SOLOS DO
MUNICÍPIO DE ALVORADA DO SUL, PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame
UEL - Londrina - PR

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
UEL - Londrina - PR

Profa. Dra. Adriana Aparecido Ribon
UEL - Londrina - PR

Prof. Dr. Adilson Luiz Seifert
UEL - Londrina - PR

Prof. Dr. João Tavares Filho
UEL - Londrina - PR

Londrina, 19 de fevereiro de 2010.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai e a minha mãe que acreditaram em mim e me deram a oportunidade e suporte para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Emília Akemi Fukuda Gonçalves, minha esposa, pelo apoio moral e físico na realização desse trabalho.

Ao meu orientador, João Tavares Filho, não apenas pela orientação, mas sobretudo pela compreensão diante das dificuldades.

Agradeço também a algumas pessoas que contribuíram para a realização do trabalho, como os donos dos lotes onde realizei esse trabalho. Também ao João, técnico do laboratório de solos e aos estagiários Hélio, José Eduardo, Mônica e Tatiane.

Agradeço às minhas amigas Tatiane e Daniele, pelo auxílio no idioma e normatização, respectivamente.

GONÇALVES, Marcos Aparecido. **Caracterização de duas topossequências de solos do município de Alvorada do Sul, PR.** 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

O solo é o recurso natural base para toda atividade agrícola, no entanto, apresenta características diversas e relacionadas à sua origem, evolução e uso, que definem suas condições atuais para a produção e o cultivo. O conhecimento do solo a ser utilizado é necessário para compreender suas aptidões e limitações. Uma forma de conhecer os solos de uma área e sua gênese consiste no estudo de suas variações e distribuição na paisagem de acordo com o relevo e material de origem. Quanto ao material de origem, é clara sua influência na formação dos solos. O objetivo do presente trabalho consistiu em caracterizar duas vertentes observando as relações entre relevo, material de origem e atributos do solo. Assim é possível identificar os principais atributos que caracterizam cada tipo de solo e as condições que se apresentam frente suas aptidões e limitações, para o uso e manejo. Observou-se que a dinâmica interna e o processo de consolidação do material de origem são os principais responsáveis pelas formas de relevo, evolução e distribuição de solos na vertente. Houve relação entre formas de relevo e material de origem, tanto pela dinâmica interna de formação, quanto pelo comportamento desses materiais aos processos erosivos. Nos solos estudados B nítico e B latossólico foram os que se apresentaram em maior extensão das vertentes, sendo a espessura do B nítico em relação ao B latossólico relacionada à intensidade do processo de formação que forma esse horizonte condicionado por sua posição na vertente. Os solos menos evoluídos, conseqüentemente, mais rasos e férteis se encontram no seguimento da vertente com relevo mais ondulado e material de origem diferenciado. Já os mais evoluídos se encontram no seguimento superior das vertentes ou em regiões de relevo suave. Material de origem, relevo e posição do perfil na topossequência influenciam os atributos químicos e físicos do solo, bem como as relações entre esses atributos. Houve uma relação de distribuição dos solos e características físicas, químicas e morfológicas de acordo com o relevo e material de origem, sendo que as relações entre os atributos do solo são diferentes em solos com evolução diferenciada.

Palavras-chave: Vertente. Relevo. Material de origem. Basalto.

GONÇALVES, Marcos Aparecido. **Characterization of topossequences of soils of Município de Alvorada do Sul, PR.** 2010. 75 p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

The soil is the natural base resource for all agricultural activity, however, it presents several characteristics and related to its origin, evolution and use, that defines its current conditions for the production and the cultivation. The knowledge of the soil to be used is necessary to understand your aptitudes and limitations. A form of knowing the soils of an area and its genesis consists of the study of its variations and distribution in the landscape in agreement with the relief and origin pattern mater. In relation to the origin material, it is clear its influences in the formation of the soils. The objective of the present work consisted of characterizing two slopes observing the relationships among relief, origin material and attributes of the soil. Then it is possible to identify the principal attributes that characterizes each soil type and the conditions that comes its front aptitudes and limitations, for the use and handling. It was observed that the dynamics interns and the process of consolidation of the origin material is the main responsible for the relief forms, evolution and distribution of soils in the slope. There was relationship between relief forms and origin material, so much for the dynamics formation intern, as for the behavior of those materials to the erosive processes. In the soils studied B nítico and B latossólico they were the ones that they came in larger extension of the slopes, being the thickness of the B nítico in relation to the B latossólico related to the intensity of the formation process that forms that horizon conditioned by its position in the slope. The soils less developed, consequently, more shallow and fertile they are in the following of the slope with wavier relief and origin material differentiated. Already the more developed its found in the superior following of the slopes or in areas of soft relief. Origin material, relief and position of the profile in the topossequência influences the chemical and physical attributes of the soil, as well as the relationships among those attributes. There were a relation of distribution of the soils and physical characteristics, chemistries and morphologic in agreement with the relief and origin material, and the relationships among the attributes of the soil are different in soils with differentiated evolution.

Keywords: Slopes. Relief. Pattern matter. Basalt.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 GEOLOGIA DO MATERIAL DE ORIGEM	11
2.2 INTEMPERISMO E PEDOGÊNESE	12
2.3 TOPOSSEQUÊNCIA	14
2.4 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO	15
2.5 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	17
2.5.1 Estrutura e Porosidade	17
2.5.2 Agregação do Solo	18
2.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	20
3 ARTIGO A – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE MATERIAL BASALTICO	22
3.1 RESUMO E ABSTRACT	22
3.2 INTRODUÇÃO	23
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.4.1 Caracterização do Relevo e Material de Origem	27
3.4.2 Morfologia do Solo	32
3.5 CONCLUSÕES	42
3.6 REFERÊNCIAS DO CAPITULO	43
4 ARTIGO B – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE DUAS TOPOSSEQUENCIAS DESENVOLVIDAS SOBRE MATERIAL BASALTICO	45
4.1 RESUMO E ABSTRACT	45
4.2 INTRODUÇÃO	46
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51

4.4.1 Atributos Químicos e Físicos e Suas Relações com as Características da Vertente e Material de Origem	51
4.4.2 Análises de Correlações entre os Atributos Químicos e Físico	59
4.5 CONCLUSÕES	62
4.6 REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO	63
5 CONCLUSÕES GERAIS	66
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O solo é o recurso natural base para toda atividade agrícola, no entanto, apresenta características diversas e relacionadas à sua origem, evolução e uso, que definem suas condições atuais para a produção e o cultivo. Um conhecimento mínimo do solo a ser utilizado é necessário para compreender suas aptidões e limitações.

Uma forma de conhecer os solos de uma área e sua gênese consiste no estudo de suas variações e distribuição na paisagem. Uma caracterização química, física e morfológica permite o reconhecimento das unidades básicas de solo, seu comportamento, principais atributos e evolução.

Atributos do solo como altas concentrações de Al e baixos níveis de bases, solos rasos, declivosos, mal drenados, ou com restrições físicas impossibilitam, dificultam ou encarecem as atividades agrícolas. Por outro lado, solos bem drenados, suficientemente profundos e com equilíbrio químico, possibilitam boas produtividades e fácil cultivo.

Desta forma, torna-se necessário identificar as condições morfológicas, químicas e físicas dos solos. A caracterização morfológica de perfis representativos permite a identificação da estrutura, disposição do perfil e seus horizontes e auxiliam na identificação das classes de solo. Já análises físicas dos horizontes permitem conhecer melhor a estrutura e porosidade, além de outros atributos relacionados com a condição ambiental de sobrevivência da planta, do sistema radicular e a dinâmica da água no solo. Avaliando os atributos químicos, é possível determinar a reação do solo, a disponibilidade de nutrientes e as relações entre os fenômenos químicos e físico-químicos.

Nesse sentido, as descrições morfológicas, físicas e químicas das unidades de solo da topossequência permitem o conhecimento dos solos da área e a identificação de seus principais atributos, os quais nem sempre são consideradas.

Quanto ao material de origem, é claro sua influência na formação dos solos. Diferentes rochas originam solos com características peculiares de cada material. No entanto, quando há diferenciações em um mesmo material, e

conseqüentemente, ocorrerá diferenças do solo formado e da ação dos processo de pedogênese e evolução do relvo.

As relações entre relevo e material de origem, o reflexo na constituição do solo e seus atributos podem ser específicos de cada área. As alterações e fenômenos resultantes na formação do solo podem ser muito distintos ao longo de uma topossequência.

Assim, o objetivo do trabalho consiste em caracterizar duas topossequências. Para isso, irá tomar como base alguns fatores químicos, físicos e morfológicos dos solos e relacioná-los com o relevo e material de origem. Além disso, a identificação dos principais atributos que caracterizam cada tipo de solo da vertente e as condições que se apresentam frente suas aptidões e limitações, as quais podem fornecer subsídios para seu uso e ocupação.

Para tanto, o presente trabalho constará de uma Revisão de literatura, onde serão analisados de forma sucinta, os seguintes temas: Geologia do material de origem; Intemperismo e Pedogênese; topossequência; Atributos morfológicos, químicos e físicos do solo.

Constarão o Artigo A, no qual será realizado um estudo de vertentes com ênfase na morfologia e descrição de solos, o qual terá como objetivo a descrição de duas topossequências próximas, para identificar os principais atributos morfológicos e a distribuição destes na vertente de acordo com o relevo e material de origem. No Artigo B será realizada uma caracterização química e física de solos das vertentes, que terá como objetivo caracterizar as vertentes avaliando os atributos químicos e físicos, para identificar as peculiaridades de cada unidade solo com o relevo e material de origem além das correlações entre os atributos, bem como suas possíveis limitações e aptidões.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GEOLOGIA DO MATERIAL DE ORIGEM

Rochas advindas de um mesmo magma podem apresentar características distintas, devido à segregação magmática e conseqüente variação na granulometria e composição da rocha (LEINZ; AMARAL, 1987). No caso de rochas basálticas, ocorrem diferentes formas de uma mesma rocha devido a esse fenômeno e também à relação com a composição do manto fundido (KUYUMJIAN; ARAÚJO, 1991; MANIESE; OLIVEIRA, 2002).

Indícios dessa diferenciação litológica podem ser observados não só na constituição do material rochoso, que pode variar em granulometria e constituição, mas também no relevo dessas formações. Thomaz (2008), em estudo de vertente desenvolvida sobre material basáltico, observa uma forma em degraus ao longo da vertente, evidenciando os estratos de diferenciação litológica.

Nas rochas basálticas as texturas vítreas e amigdaloidais podem ser freqüentes nos limites dos derrames. A textura amigdaloidal marca as zonas superiores, facilitando a identificação a campo de derrames distintos (NASCIMENTO; GORAYEB, 2004).

As amígdalas quando do preenchimento por minerais diversos, ocorre à forma vesicular. Além da forma vesicular, a rocha pode apresentar-se consolidada junto com outros materiais que tiveram contato com o magma. Petri e Fulfaro (1983) mencionam um fato distinto que seria a existência de rochas de basalto vesicular juntamente com massas de arenito.

No planeta dentre os derrames básicos, destacam-se os da Formação Serra Geral, os quais cobriram uma área de $1,2 \cdot 10^6 \text{ Km}^2$ e são um dos mais importantes derrames continentais da Terra. A forma de basalto toleítico, é a que predomina principalmente na região norte da bacia do Rio Paraná (MELFI et al., 1988), onde está localizada a Formação Serra Geral.

No estado do Paraná, a formação Serra Geral faz parte do Terceiro Planalto e representa uma região de grandes derrames de lavas básicas e arenitos

mais jovens. Os arenitos são de processo de sedimentação suprabasáltica, além de arenitos de formações anteriores e concomitantes com os derrames (MAACK, 2002).

O Terceiro Planalto está dividido em 5 blocos e dentre eles o Bloco Planalto de Apucarana, o qual se localiza a oeste do rio Tibagi, entre os rios Paranapanema e Ivaí até o Rio Paraná (MAACK, 2002).

As datações mostram que os derrames são de 100 a 160 milhões de anos e ocorreram em vários eventos sucessivos durante mais de 30 milhões de anos (ROCHA-CAMPOS et al., 1988). Ainda segundo os mesmos autores, esses derrames possuem contato superior com a formação Caiuá do Grupo Bauru; sendo que os locais originais onde as rochas se apresentavam quando da sua consolidação, não mais se apresentam devido aos processos erosivos.

Como a formação do solo está intimamente ligada ao material de origem, locais onde ocorrem diferenciações rochosas, ou formação de solos a partir de mais de um material de origem, apresentarão também variabilidade nos solos formados.

2.2 INTEMPERISMO E PEDOGÊNESE

O intemperismo, responsável pela formação dos solos, é a soma dos processos envolvidos na alteração dos materiais próximos à superfície através de complexas interações que ocorrem ao longo do tempo entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Definições precisas de solo e seus limites nem sempre são as mesmas e não apresentam simetria na abordagem (VIEIRA, 1975; LAVELLE; SPAIN, 200; IBGE, 2007). No entanto, os estudos de solos baseiam-se no pedon, que seria a unidade tridimensional básica do solo.

Rasmussen et al. (2009), estudando o intemperismo e a pedogênese do basalto em locais de clima variável (com chuva ou com neve), observou-se que há uma significativa variação no intemperismo dos minerais em relação à precipitação anual, sua forma de ocorrência e temperatura. Observou também que o desenvolvimento do solo pode ser limitado pela temperatura, altitude e disponibilidade de água.

Observa-se que o tipo de rocha afeta a formação do solo, principalmente por determinar a quantidade de argila formada, além da quantidade e a facilidade de liberação de bases e outros elementos com o intemperismo (LAVELLE; SPAIN, 2001). A permeabilidade da rocha pode afetar o fluxo de água e o contato com os agentes de intemperismo. Com o tempo, devido à influência dos processos que atuam no solo, o perfil torna-se verticalmente diferenciado em vários horizontes ou camadas, que refletem a dominância de um processo sobre os demais. (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Teramoto et al. (2001) afirmam que a variabilidade de atributos químicos e físicos dos solos em camadas específicas é influenciada principalmente, pela natureza química e física do substrato rochoso; enquanto que os atributos morfológicos são determinados principalmente pelo relevo.

É possível observar moderada evolução morfológica, química e mineralógica de solos em ambiente tropical, tendo estes, evolução similar a ambientes temperado (VIDAL-TORRADO et al., 2006; VIDAL-TORRADO et al., 2007).

Contribuições externas ao perfil ou desenvolvimento deste em condições distintas podem alterar sua evolução e o comportamento considerados padrão. Pinto e Kampf (1997) observaram nos horizontes superficiais influência de materiais advindos de locais de rochas diferentes, causando alterações e descontinuidade entre os horizontes (discordância geológica). Os autores também afirmam que, materiais primários de origem alóctone depositados sobre perfis muito intemperizados, provocam o rejuvenescimento dos horizontes superficiais, tornando-os com características químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos sob climas temperados.

Além disso, na evolução dos solos, o clima, o material de origem e a topografia controlam os ambientes em que a biota atua, por outro lado, esta modifica progressivamente a topografia o material de origem e o desenvolvimento do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001).

No processo de evolução, o sistema de drenagem também é um bom indicador do grau de evolução de solos. Segundo Dematte e Demetrio, (1996), em solos derivados do basalto existe uma estreita relação entre esses parâmetros.

Assim, a formação e evolução do solo é uma série complexa de alterações e interações. Devem ser considerados os processos e fatores de

formação do solo, identificando as relações íntimas destes em cada ambiente na topossequência.

2.3 TOPOSSEQUÊNCIA

Em uma vertente, do topo até o curso d'água, as condições de formação do solo são distintas, principalmente com relação à influência da declividade e movimentação de água, sendo que a ação dos processos pedogenéticos (adição, remoção, translocação e transformação) também são diferenciados ao longo desta. Essas condições variadas geram uma seqüência de solos ao longo da vertente chamada topossequência.

Em uma topossequência, os solos não ocorrem como unidades isoladas, mas numa continuidade estrutural das camadas ao longo da mesma. Os solos das áreas superiores contribuem com água, solutos e materiais coluviais na formação daqueles abaixo (LAVELLE; SPAIN, 2001).

A posição na topossequência influencia a dinâmica da água (CANELLAS et al., 2000), pois diferentes formas e determinadas posições na encosta favorecem o mecanismo de translocação e o processo de eluviação / iluviação (SILVA et al., 2007), os quais podem influenciar os teores de matéria orgânica e sua mineralização (CANELLAS et al., 2000; SOUZA JÚNIOR et al., 2008). A posição do solo na paisagem também pode determinar a espessura, dos horizontes superficiais.

Segundo Dukuchaev (apud VIEIRA, 1975), a topografia modifica o perfil de três maneiras: facilitando a absorção e retenção da água de precipitação; no grau de remoção de partículas do solo pela erosão; e facilitando a movimentação de materiais em suspensão/solução, para outras áreas. Ela controla o regime hidrológico local que exerce influência no desenvolvimento e manutenção do solo. Também influencia a distribuição dos produtos da erosão, afetando a paisagem pela disposição dos colúvios.

Para o levantamento de solos em vertentes o método de estudo por meio de prospecção ao longo de topossequências consiste na observação do solo e suas variações relacionadas às superfícies geomorfológicas de ocorrência de cada

um. Assim, a divisão da paisagem em superfícies geomórficas e a identificação do material de origem podem auxiliar na compreensão do comportamento dos atributos do solo (CAMPOS et al., 2007). Através desse método, é possível estabelecer correlações entre classes, textura, drenagem, profundidade, declive, comprimento e forma de pendentes, posição e exposição do solo em relação às encostas (IBGE, 2007).

Nos estudos de vertentes, o trabalho em transecto é muito utilizado, pois permite observações práticas da vertente com suas diferenciações. Souza Júnior et al. (2001), Silva et al. (2001) e Campos et al. (2007) utilizaram dessa metodologia para a realização de estudos de topossequência e classificação de solos. Outra forma de estudo é a utilização de sondagens e fotointerpretação. Portanto, em estudo de solos em vertentes pode-se utilizar de uma das metodologias ou usá-las de forma complementar.

Souza Júnior e Demattê (2008) realizaram estudo em topossequências para mapeamento digital, relacionando classes de relevo com tipos de solo e Demattê et al. (2000) o fizeram através de ferramentas de geoprocessamento identificando como atributos de distinção entre unidades, os teores de argila, silte, ferro, areia e matéria orgânica.

Para a classificação de solos, descrições detalhadas e representativas são necessárias. No entanto, os limites laterais das classes de solo são difusos e pouco definidos, sendo difícil à delimitação precisa destes.

2.4 ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO

A descrição morfológica de perfis de solo a campo consiste no registro das suas características, realizando o estudo e descrição como é observado no perfil. Na descrição feita a campo, devem ser feitas delimitações dos horizontes, indentificando-os e caracterizando-os morfológicamente, observação da transição entre eles, a profundidade e espessura, a cor, a textura, a estrutura, a consistência e demais características, tal como proposto por Santos et al. (2005).

Dá-se o nome de pedon às unidades básicas de referência reconhecíveis no campo como unidades taxonômicas, ou seja, a forma e a

disposição tridimensional de uma unidade de mapeamento de solo. Um corte vertical a partir da superfície do solo, que inclua todos os horizontes com relação pedogenética, mostrando uma face que possa ser reconhecido, classificada e descrita no campo, denomina-se perfil de solo (IBGE, 2007).

Com relação à descrição morfológica, Thomaz (2008) em trabalho em topossequência descreve os perfis quanto à profundidade, pedregosidade, cor, resistência, densidade, porosidade e granulometria e afirma que em seu trabalho estas foram as características mais elementares.

Cor e a atração magnética também são importantes na discriminação prévia das classes de solo com horizontes B textural e B nítrico estabelecendo a relação com o material de origem (LACERDA et al., 2008), pois as rochas básicas que formam os B nítricos possuem maiores teores de ferro. Os referidos autores em trabalho com rochas básicas e ultrabásicas relatam a formação de horizonte B nítrico como matriz com predominância do vermelho e observam atração magnética forte. Além disso observam nesses substratos a ocorrência de Chernossolos e horizonte A com características compatíveis com A chernozêmico, tendo espessura significativa e coloração muito escura.

Outro aspecto a ser observado em uma descrição morfológica é a cerosidade. Comumente encontrada nos horizontes B nítricos, também denominada de filme de argila. Consiste em um revestimento de argilas cristalinas alumino-silicatadas orientadas, geralmente encontradas na superfície dos elementos de estrutura e em poros (MARSHALL; HOLMES, 1979). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006) a cerosidade é um atributo que caracteriza os B nítricos. A orientação da argila é paralela à superfície dos elementos de estrutura (VIEIRA, 1975). Estes filmes apresentam maiores proporção de argila, óxido de ferro e matéria orgânica que o resto do solo (MARSHALL; HOLMES, 1979).

2.5 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

2.5.1 Estrutura e Porosidade

A estrutura pode ser definida como a organização das partículas primárias do solo, compondo unidades maiores, chamados agregados ou pedos, sendo estes de diferentes origens, tamanhos e formas. Essas formas estão separadas umas das outras pelo espaço poroso, o qual permite o movimento da água e trocas gasosas com a atmosfera.

A estrutura do solo não é estática. Os componentes unitários da estrutura (agregados) são constantemente destruídos e renovados com as contínuas e combinadas ações físicas e da biota do solo. Mudanças estruturais podem ser visíveis em escala estacional ao longo do ano (LAVELLE; SPAIN, 2001), ou com simples práticas de manejo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Todos os agentes de formação do solo influenciam sua estrutura. O tipo de material de origem afeta a fase sólida do solo; dilatação e contração ajudam a rearranjá-los; macrofauna e raízes das plantas também o fazem; processos químicos e biológicos mobilizam e depositam materiais que posteriormente tornam-se agregados (MARSHALL; HOLMES, 1979).

Relacionada à estrutura está a porosidade. O espaço poroso do solo é um grande sistema interconectado de poros de vários tamanhos, e tal sistema permite o movimento de ar e água no solo (MARSHALL; HOLMES, 1979) e o desenvolvimento radicular. O tipo e a disposição espacial dos poros e agregados em um momento no solo, são resultados de numerosos processos químicos, físicos e biológicos, operando em diferente escala de espaço e tempo (LAVELLE; SPAIN, 2001). Desta forma, a porosidade está relacionada à estrutura, no entanto, não apenas a estrutura determina a porosidade.

As propriedades hídricas do solo afetam direta ou indiretamente os processos de absorção de nutrientes (difusão, fluxo de massa e interceptação radicular) (MALAVOLTA, 1976). Assim, os poros menores resultantes do arranjo das partículas primárias do solo (porosidade textural) são responsáveis pelo fornecimento de água às plantas, já os macroporos (porosidade estrutural), são

importantes na aeração do solo e movimentação de água no perfil. Qualquer evento que altere a estrutura, ou o arranjo das partículas, altera a porosidade e a movimentação de ar e água no solo.

O uso agrícola do solo influencia a porosidade e outros atributos físicos (COSTA et al., 2002). A compactação superficial do solo causada pelo manejo, causa a diminuição da porosidade total (MORAES et al., 1995). A mobilização do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas modificam o tamanho dos agregados e a relação entre macroporos e microporos é reduzida (SOARES et al., 2005).

2.5.2 Agregação do Solo

A definição exata de agregado não é simples considerando a complexidade dos processos de formação e organização. Considera-se que agregados são associações de partículas que tem um maior nível de coesão entre si que entre as partículas de agregados ao redor, sendo de formação natural. Torrões são estruturas maiores formadas pela desagregação e reagregação do solo por forças antrópicas.

A agregação primária é iniciada pela floculação ou aglomeração das partículas de argila e materiais primários e é diretamente dependente do balanço de cargas do solo, pois são de caráter físico-químico.

Em estudos anteriores Albuquerque et al., (2002); Barbosa; Tavares Filho, (2007) observaram que a dispersão do solo promovida pela adição de Ca e Mg é dependente da mineralogia e do potencial eletroquímico. Para entender esse tipo de alteração, parâmetros como Delta pH (ΔpH) e Ponto de Carga Zero (PCZ) foram utilizados nesses trabalhos, os quais mostram a importância das interações de cargas na floculação do solo.

Com relação ao balanço de cargas (ΔpH), observa-se que quanto mais este se aproxima de zero, maior a floculação e, quanto mais este se afasta de zero, com valor crescente positivo ou negativo, maior a dispersão. Quanto ao PCZ, é específico de cada solo e/ou constituinte. Quanto mais próximo o pH do solo estiver

do pH do PCZ, maior a tendência à floculação devido ao saldo de cargas tender a zero.

Segundo Marshall; Holmes (1979), embora a argila esteja relacionada à capacidade de agregação, sua presença não assegura a estabilidade. Para Pedrotti et al. (2003) a maior influência na gênese de agregados menores deve ser atribuída à composição mineralógica do solo, enquanto, para os agregados maiores, a matéria orgânica é o principal agente de formação. Dentre as substâncias que participam do processo de agregação estão tanto as formas de Fe não cristalinas quanto a goethita e hematita (MELO et al., 2008).

Outro agente cimentante é o Alumínio. Esse elemento participa da estrutura de argilas silicatadas, as quais são de fundamental importância para formar o complexo de troca do solo e sua estrutura. Porém, quando livre (trocável) age como dispersante das partículas do solo.

O Al na forma trocável é encontrado em pH abaixo de 5,4; acima deste valor ele é precipitado como hidróxido e passa a não mais fazer parte da acidez potencial. Em valores de pH próximo de 4,0 ele predomina em solução e perto da neutralidade está precipitado. Metais também envolvidos na floculação do solo como Ferro e Manganês, estão em formas solúveis em baixo pH e se insolubilizam próximo da neutralidade. (MALAVOLTA, 1976). Assim, observa-se que próximo a pH 7,0 os dois principais metais envolvidos na floculação (Al e Fe) estão na forma precipitada, o que pode auxiliar na análise da dispersão dos solos.

O estudo dos agregados e sua estabilidade podem fornecer algumas informações sobre a agregação do solo. Para a determinação da estabilidade de agregados, utiliza-se na maioria das metodologias, o peso seco total de uma amostra de solo retido sobre um conjunto de peneiras. Esse peso é então expressado como percentagem do peso seco original. Assim é determinada a estabilidade de agregados, ou Índice de Estabilidade de Agregados (IEA).

Métodos para determinação de agregados estáveis em água são variações de um método de peneiramento a seco introduzido por A.F. Tiulin em 1928 e modificado por Yoder em 1936 (MARSHALL; HOLMES, 1979). Kemper e Chepil (1965) apresentam uma forma de cálculo do diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP) tanto para peneiramento a seco como para o úmido, bem como a metodologia para essas determinações. Este atualmente é o

método mais utilizados como base para o estudo de agregados, no entanto, pode ocorrer variações com relação ao número de peneiras e fórmulas de cálculo.

Com relação à influência do cultivo na estabilidade de agregados, Wohlenberg et al. (2004) e Barreto et al. (2009) observam efeito do manejo na estabilidade.

Os agregados menores propiciam maior atividade microbiana e maior teor de C orgânico. Eles constituem sítios que oferecem proteção física e química aos microorganismos, podendo assim haver estoque de matéria orgânica devido à menor decomposição/mineralização (PASSOS et al., 2007). Segundo Wohlenberg et al. (2004), à medida que o teor de carbono diminui, pelo preparo excessivo ou baixo aporte de material orgânico, decresce a estabilidade dos agregados.

A qualidade da fração argila tem efeito no tamanho dos agregados e na morfologia externa destes. Em algumas classes de tamanho, há aumento no DMG e da superfície dos agregados; crescimento preferencial em um eixo (alongamento) e efeito do tipo de argila (caulinita) na redução da rugosidade externa dos agregados (MELO et al., 2008).

2.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Na vertente, as unidades de solos se apresentam interligadas e dependentes, tanto umas com as outras, como com o material que as suporta e os processos pedogenéticos que ocorrem. Assim há relações e diferenciações entre os atributos físicos, morfológicos e também os químicos.

Segundo Balieiro et al. (2008) o relevo tem forte influência sobre os atributos químicos do solo. Além disso, pequenas variações nas formas do relevo condicionam variabilidade diferenciada nos atributos químicos (SOUZA et al., 2004).

O reconhecimento da variabilidade espacial da fertilidade fornece importantes subsídios para a racionalização de insumos agrícolas (MONTEZANO et al., 2006).

Com o cultivo, pode ocorrer acidificação do solo por fertilização e impacto significativo no aspecto da qualidade do solo, em particular sobre a liberação das formas de Al no solo (ativa ou precipitada). Esse fenômeno também pode

acelerar o processo de intemperismo e alterar a atividade da argila, (MCGARAN et al., 2003), o qual leva a formas de argila menos reativa e concentração relativa de óxidos.

Também há relação entre a composição da rocha e a riqueza química do solo. Quanto maior a porcentagem de ferro no material de origem, maior será o teor de elementos ferro-magnesianos na sua constituição e maior sua riqueza química (VIEIRA, 1975; LAVELLE; SPAIN, 2001). Devido a esse fato, solos desenvolvidos sobre rochas basálticas, apresentam maiores quantidades de P e outros elementos de importância para a nutrição vegetal. Já nos arenitos que não possuem originalmente riqueza mineral, esta é devido ao equilíbrio biológico (VIEIRA, 1975).

Escosteguy e Klamt (1998) em trabalho de incubação em casa de vegetação utilizando basalto e olivina-basalto em pó observaram que estes materiais contribuem com P, Ca, Mg, e K, no entanto, sem afetar os níveis desses elementos no solo. Verifica-se que o basalto contribui com pequenos teores de bases para o solo a curto prazo devido à lenta liberação. No entanto, em escala geológica as quantidades podem ser significativas.

Com relação à influência da evolução do solo na sua constituição química, em solos jovens há formas de argila mais reativas e pequenas perdas dos elementos minerais por lixiviação. Já a composição química de solos velhos e altamente intemperizados torna-se notavelmente uniforme com predominâncias dos óxidos de Fe, Al e Si, independente do material de origem (SILVA et al., 1999). Nos solos com predominância de materiais como caolinita e óxidos de Fe e Al, que são de baixa reatividade, a CTC é devida na sua maior parte a matéria orgânica (MALAVOLTA, 1976).

Em solos intemperizados o Al livre pode tornar-se tóxico, porém este elemento quando na forma de óxido ou precipitado, desempenha papel fundamental na agregação desses solos. Desta forma sua toxidez nada mais é que o desequilíbrio em relação aos outros cátions onde, qualquer desequilíbrio entre os cátions causaria toxidez (PRIMAVESI 1987).

De modo geral, não apenas a presença dos elementos é importante no estudo das relações químicas do solo, mas também as cargas e a reação do solo, pois diz respeito à disponibilidade desses elementos às plantas e a forma que eles se encontram.

3. ARTIGO A: DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE MATERIAL BASÁLTICO

3.1 RESUMO E ABSTRACT

Resumo

Ao longo de uma vertente, devido à influência de fatores como o relevo e o material de origem, ocorrem diferentes tipos de solo que devem ser considerados quanto às peculiaridades, podendo estas, refletir no uso e manejo. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever duas topossequências, visando identificar os principais atributos morfológicos dos solos, bem como a distribuição das classes de solo na vertente de acordo com características do relevo e material de origem. As topossequências estudadas foram: vertente relevo ondulado (VRO), vertente relevo suave ondulado (VSO) com material de origem basáltico predominante. Realizou-se a descrição morfológica dos perfis e a identificação das classes de solo. No seguimento inferior da VRO o material de origem consistem em basalto com variações de granulometria (vesicular e amigdaloidal), coincidentemente com relevo ondulado. No seguimento superior, há relevo mais plano com predominância de basalto fanerítico e influência de arenito. Já a VSO possui origem a partir do basalto na sua forma comum fanerítica, apresentando também influência de arenito no seguimento superior. No seguimento inferior da VRO com relevo ondulado, identificou-se solos rasos ou com hidromorfismo. No entanto, quimicamente identificou-se altos valores de macronutrientes, sendo solos férteis com elevados teores de bases. Já os solos do seguimento superior da VRO e da VSO não apresentam limitações com relação à profundidade e drenagem. Os perfis mais evoluídos das duas vertentes apresentam estrutura diferenciada, principalmente entre os horizontes B nítico e B latossólico. A formação do solo e os atributos avaliados estão relacionados com o relevo e o material de origem, devido a diferenciações magmáticas do basalto, influência da dinâmica interna no relevo e presença de influência de outra formação geológica. A variação do relevo apresentou relação com a morfologia dos perfis ao longo das topossequências. Cor, atração magnética e estrutura, foram os principais atributos na identificação das classes de solo.

Palavras-chave: Relevo. Topossequência. Nitossolo. Limitações do solo.

Morphologic Soil Description on Basaltic Mater

Abstract

Along a slope, due to the influence of factors as the relief and the origin material, they happen different soil types that they should be considered with relationship to the peculiarities, being able to these, to contemplate in the use and handling. The

work was developed with the objective of describing two topossequences, seeking to identify the principal morphologic attributes of the soils, as well as the distribution of the soil classes in the slope in agreement with characteristics of the relief and origin material. The studied topossequences were: slope wavy relief (SWR), slope wavy soft relief (SWS) with predominant basaltic origin matter. It took place the morphologic description of the profiles and the identification of the soil classes. In the inferior following of SWR the origin material consists of basalt with granulometria variations (vesicular and amigdaloidal), coincidentally with wavy relief. In the superior following, there is plane relief with predominance of faneritic basalt and arenitic influences. SWS already possesses origin starting from the basalt in your form common faneritic, also presenting arenito influence in the superior following. In the inferior following of SWR with wavy relief, It was identified shallow soils or with hidromorfism. However, chemically he identified high macronutrients values, being fertile soils with high tenors of basis. Already the soils of the superior following of SWR and of SWS they don't present limitations with relationship to the depth and drainage. The developed profiles of the two slopes present differentiated structure, mainly between the horizons B nítico and B latossólico. The formation of the soil and the appraised attributes are related with the relief and the origin material, due to magmatics differentiations of the basalt, influence of the dynamics interns in the relief and presence of influence of another geological formation. The variation of the relief presented relationship with the morphology of the profiles along topossequences. Cor, magnetic attraction and it structures, they were the principal attributes in the identification of the soil class.

Keywords: Relief. Topossequência. Oxisoil. Soil limitations.

3.2 INTRODUÇÃO

O estudo de solos em topossequência considera aspectos geomorfológicos, onde se avaliam as relações entre a forma de relevo, o material de origem e os processos formadores do solo. No estudo de vertentes a identificação das topossequências tem grande importância.

Ao longo de uma vertente as condições de formação do solo são diferenciadas, principalmente com relação à influência da declividade e movimentação de água, pois os processos pedogenéticos são distintos ao longo desta, gerando uma diferenciação dos perfis.

A posição na topossequência influencia a dinâmica da água (CANELLAS et al., 2000), pois determinadas formas e posições da encosta favorecem o mecanismo de translocação e o processo de eluviação / iluviação (SILVA et al., 2007), o qual também pode influenciar os teores das frações orgânicas (CANELLAS et al., 2000) e a espessura do solo (SOUZA JÚNIOR; DEMATTÊ, 2008).

Com relação ao material de origem, devido às condições de formações de cada rocha, o relevo de cada formação é diferenciado. Em rochas basálticas pode ser observado relevo em degraus evidenciando as diferenciações (THOMAZ, 2008). Nas rochas basálticas as texturas vítreas e amigdaloidais podem ser freqüentes nos limites dos derrames. A textura amigdaloidal marca as zonas superiores, facilitando a identificação a campo de derrames distintos (NASCIMENTO; GORAYEB, 2004).

As amígdalas quando do preenchimento por minerais diversos, ocorre à forma vesicular. Além da forma vesicular, a rocha pode apresentar-se consolidada junto com outros materiais que tiveram contato com o magma. Petri e Fulfaro (1983) mencionam um fato distinto, que seria a existência de rochas de basalto vesicular juntamente com massas de arenito.

O estudo em áreas piloto e sondagens ao longo de topossequências, consiste na avaliação dos solos e suas variações correlacionadas com as superfícies geomorfológicas de ocorrência de cada uma. A divisão da paisagem em superfícies geomórficas e a identificação do material de origem podem ser eficientes na compreensão da variação dos atributos dos solos (CAMPOS et al., 2007). Por este método de estudo é possível estabelecer correlações entre classes de solo, textura, drenagem, profundidade, declive, comprimento e forma de pendentes, posição e exposição do solo em relação às encostas (IBGE, 2007).

Quanto ao mapeamento das unidades de solo na vertente, Souza Júnior e Demattê (2008) em estudo de topossequências para mapeamento digital, relacionando classes de relevo com tipos de solo e Demattê et al. (2000) fizeram o mesmo utilizando ferramentas de geoprocessamento, identificando como atributos de distinção entre unidades, o teor de argila, silte, ferro areia e matéria orgânica. No entanto, para a classificação de solos, descrições acuradas e representativas são necessárias, pois, os limites laterais das classes de solo são difusos e pouco definidos, sendo difícil a delimitação precisa (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Para a caracterização de solos em uma vertente, a descrição morfológica dos perfis auxilia no reconhecimento. A descrição de perfis de solo a campo consiste no registro das suas características morfológicas, realizando um estudo do perfil como ele se encontra, devendo incluir uma série de parâmetros, tal como descrito por Santos et al. (2005).

Thomaz (2008) em trabalho em topossequência descreve os perfis quanto à profundidade, pedregosidade, cor, resistência, densidade do solo, porosidade e granulometria e afirma serem estas características importantes.

A drenagem é outro aspecto diferenciado nas diversas posições da paisagem. Nas partes altas e planas, essa quase sempre é boa e tem sentido único vertical, já nas áreas mais baixas, ela é menor podendo haver locais de saturação, o que influencia na dinâmica do solo e da matéria orgânica (LAVELLE; SPAIN, 2001). Para solos derivados de basalto, a densidade de drenagem também é um bom indicador do grau de evolução de solos, pois existe uma estreita relação entre esses parâmetros (DEMATTE; DEMETRIO, 1996).

Em solos desenvolvidos sobre rochas básicas ou não básicas, podem ocorrer B nítico ou B textural. Na distinção desses dois horizontes diagnósticos os atributos cor e a atração magnética são importantes, além da identificação prévia da relação destes com o material de origem (LACERDA et al., 2008).

Em trabalho com rochas básicas e ultrabásicas os referidos autores, relatam a formação de horizonte B nítico com matriz com predominância do vermelho e atração magnética forte. Também observam nesses substratos (rochas básicas e ultrabásicas) solos rasos com características de Chernossolos onde observa-se um horizonte A com compatível a um A chernozêmico, apresentando espessura significativa e coloração muito escura.

Diante do exposto, o trabalho foi conduzido com o objetivo de realizar a descrição de duas topossequências para identificar a distribuição dos mesmos na vertente de acordo com características do relevo e material de origem bem como os principais atributos morfológicos dos solos.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

A área utilizada no presente trabalho está localizada ao lado da Rodovia PR-090, entre as cidades de Bela Vista do Paraíso e Alvorada do Sul (22° 55' S; 51° 13' O), e consiste em um assentamento de reforma agrária que possui área total de 1.055 ha, sendo 60 lotes de aproximadamente 12 ha cada, além de área com reserva legal.

O clima local segundo classificação de Köppen é Cfa - Clima subtropical; tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém, sem estação seca definida. Média de precipitação anual de 1588 mm/ano (Instituto Agronômico do Paraná- IAPAR, 2009).

A área localiza-se no Terceiro Planalto do Paraná, na Formação Serra Geral - Planalto de Apucarana, que caracteriza-se principalmente por trapps de rochas basálticas (MAACK, 2002). Nas partes mais altas, são observados vestígios de material sedimentar de rochas areníticas suprajacentes (Arenito Caiuá).

Foram descritas duas vertentes onde os transectos para identificação das topossequências estavam distantes entre si 2000 m. Ambas com mesmo sentido (sudoeste-nordeste), porém distintas quanto ao relevo e material de origem. Denominou-se vertente relevo ondulado (VRO) e vertente relevo suave ondulado (VSO).

A VRO apresenta 1800 m de extensão, altitude média de 505 m, relevo ondulado no segmento inferior (primeiros 700 m) e suave ondulado no posterior (110m posteriores) e sentido sudoeste-nordeste. Próximo ao curso d'água é ocupada por mata em estado intermediário de regeneração e nas demais áreas, pastagem e culturas anuais.

O transecto para estudo da VSO possui 2000 m de extensão, mesmo sentido da VRO, altitude média de 497 m, declividade média de 6% e relevo suave ondulado em toda sua extensão. O uso atual consiste em culturas anuais e pequeno seguimento com pastagem.

Tradagens foram feitas ao longo de transectos para a delimitação das principais variações quanto às classes de solos e observação do relevo. Também foram identificadas as áreas geomorficamente distintas e a rocha de origem. Ao final desta etapa, foi aberta uma trincheira em cada seguimento do relevo, ou local representativo da unidade de solo na unidade geomórfica delimitada.

Trincheiras foram abertas com 1,0 x 0,8 x 2,0 m (comprimento, largura e profundidade respectivamente), quando o solo suficientemente profundo, onde foram realizadas a delimitação dos horizontes e subhorizontes e a descrição morfológica do perfil segundo Santos et al. (2005). Amostras indeformadas de todos os horizontes foram coletadas para a realização de análises morfológicas complementares, bem como análises químicas para avaliação dos teores de carbono, Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ e pH, segundo metodologia Classen (1997). Além disso,

foram calculados a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V).

No momento da descrição de cada perfil, identificou-se a possível ordem e subordem a que pertencia aquele perfil segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006) com a finalidade de estabelecer uma relação entre os tipos de solos e sua disposição na paisagem.

Com as informações sobre relevo, material de origem e características morfológicas dos perfis, foram definidas as topossequências e a distribuição de solos na vertente, bem como seus principais atributos. Também foram obtidas as relações entre características de relevo e material de origem, bem como com os atributos químicos do solo.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Caracterização do relevo e material de origem

A VRO apresenta relevo variável, sendo a parte inferior constituída por relevo ondulado, recorrente com solos rasos, mesmo nos pontos com baixa declividade (2-4%). No primeiro seguimento o relevo muda constantemente com regiões planas (P1 e P3) e regiões declivosas (P2 e P4) (Quadro 1). Nessa parte da vertente há predominância de Neossolos, com predominância dos Regolíticos, e solos Hidromórficos nas margens do curso d'água, onde o relevo também é plano.

No seguimento inferior da VRO, ocorre principalmente basalto amigdaloidal e vesicular (Quadro 1). De forma pontual, são observadas formas amigdaloidais associadas com arenito fortemente silicificado, semelhante ao observado na região por Petri e Fulfaro (1983). Esse tipo de material pode apresentar comportamento diferenciado ao intemperismo e à ação da erosão. Devido a esse fenômeno é observado solos rasos e pouco desenvolvidos em locais relativamente planos.

Considerando que as feições do relevo observadas são em decorrência dos eventos magmáticos, esses tipos de rochas podem ser também mais resistentes ao intemperismo, originando solos rasos e pouco desenvolvidos. Além disso, no local de estudo ocorreram possíveis sobreposições de derrames, onde as formas vesiculares e amigdaloidais se apresentariam nos topos dos

derrames (NASCIMENTO; GORAYEB, 2004) e nessas interfaces entre os derrames ocorrem feições onduladas tal como observado por Thomaz (2008).

As feições côncavas e convexas observadas nesse seguimento inferior da VRO (Figura 1), seriam evidências de material e relevo diferenciados devido à dinâmica interna e não apenas devido à ação dos processos erosivos, tal como mencionam Guerra e Cunha (2001). Na Figura 2 com esquema dos transectos, pode ser observado as curvas de nível do terreno com as diferenças entre o relevo das duas vertentes.

No seguimento posterior da VRO é observado relevo uniforme apresentando-se suave ondulado e tendo como material de origem basalto na sua forma cristalina fanerítica típica (Quadro 01). Nesse seguimento os solos se apresentam mais profundos e desenvolvidos, ocorrendo após o primeiro seguimento uma transição de Neossolo para Cambissolos (solos rasos) e, finalmente para Nitossolo na parte mais alta e com relevo suave (à partir de P4). Assim, os processos erosivos e de intemperismo atuando em materiais diferenciados terão intensidade erosiva e velocidade de formação do solo diferenciada, além de agirem em condições de relevo distinto (GUERRA; CUNHA, 2001).

Observa-se que além de estágios diferenciados na evolução do solo devido ao relevo, são observados solos jovens em locais relativamente planos, o que indica que o material de origem também está condicionando essa evolução diferenciada dos solos e a intensidade do intemperismo.

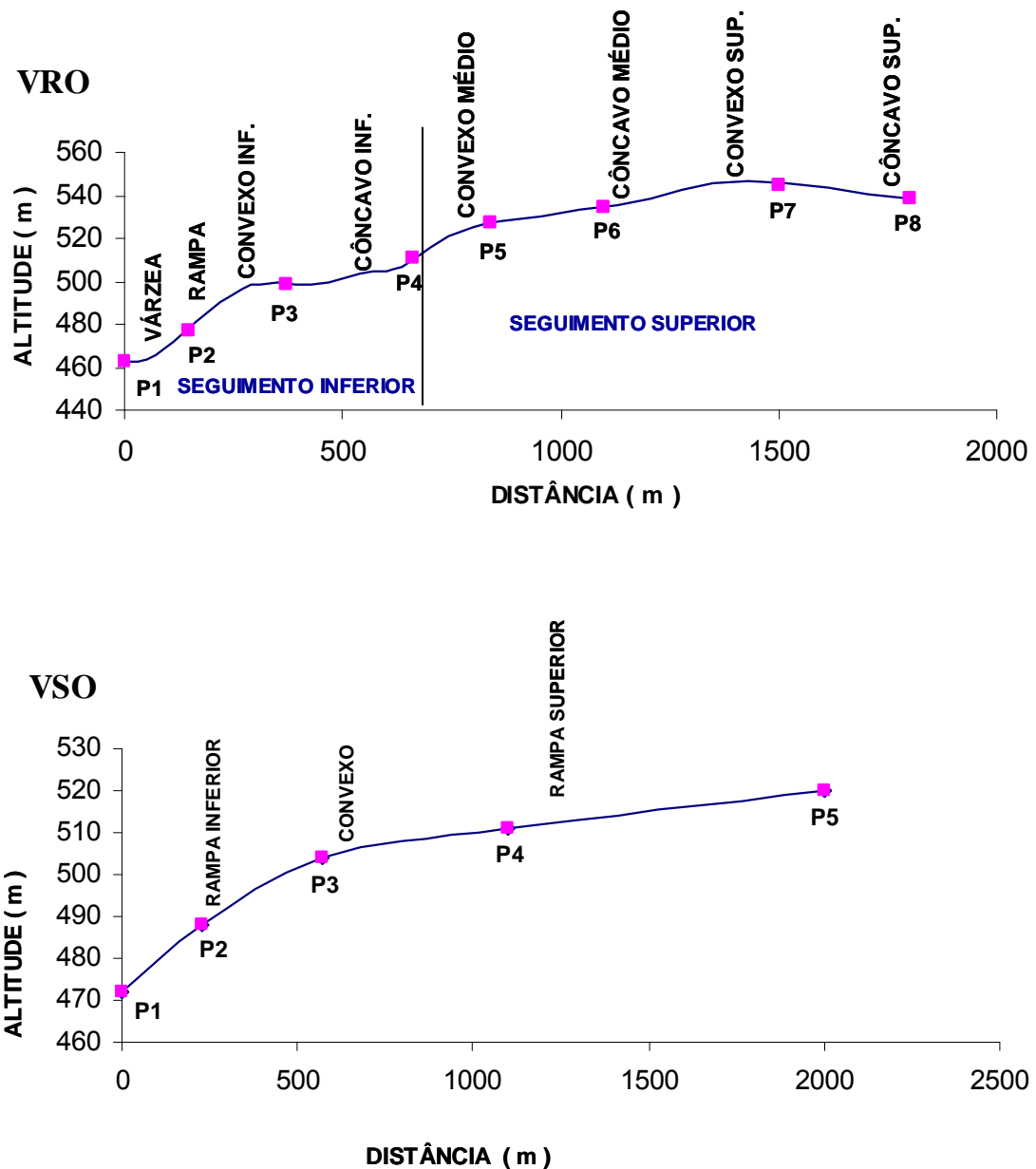


Figura 1 – Desenho esquemático da VRO e VSO com indicação das formas de relevo, altitude e disposição dos perfis

Na VSO onde não há diferenciações no basalto ou apenas contribuição do arenito na parte mais alta, o relevo é mais suave, tendo uma maior declividade apenas próximo ao curso d'água (Quadro 1 e Figuras 1 e 2). Nessa vertente a condição inicial do relevo, aliada a um material de intemperismo mais fácil em relação ao encontrado na VRO, condicionou uma maior evolução dos perfis de solo.

Em seu seguimento superior a VRO apresenta influência de outro material de origem (Arenito Caiuá), visto que a formação Serra Geral e Caiuá estão em contato (MAACK, 2002). No entanto, o arenito não mais se apresenta na vertente. Os solos formados, embora com predominância do material basáltico, tiveram influência de resquícios de arenito suprajacente o qual foi erodido. Esse fenômeno pode ser comprovado pela observação de vários locais na região com presença de traços de arenito nas partes mais altas. Tal como observado de forma mais pronunciada na cidade de Bela Vista do Paraíso- PR (22° 55' S; 51° 13' O).

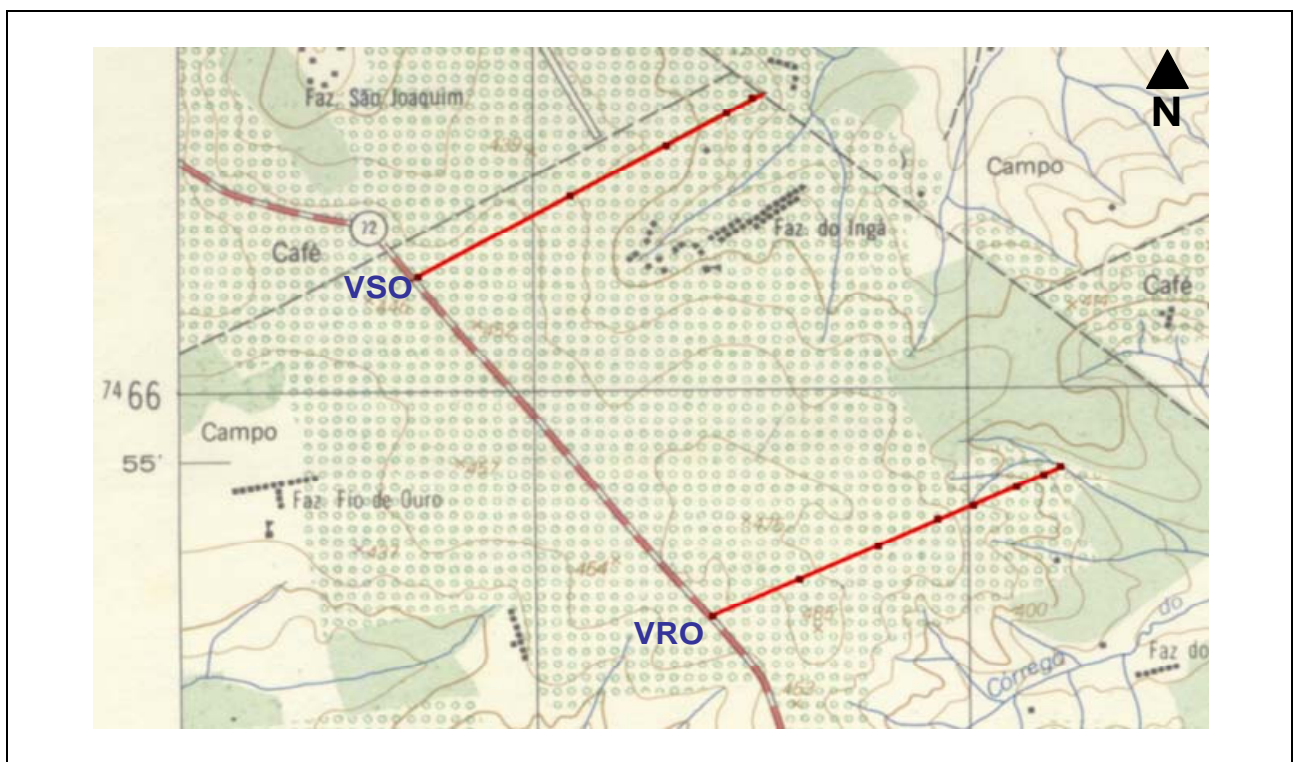


Figura 2 – Carta topográfica da área com esquema ilustrativo da localização dos dois transectos

Fonte: Modificado a partir da Carta topográfica Bela Vista do Paraíso (IBGE, 2010).

Em imagens disponíveis no *Google maps* (GOOGLEMAPS, 2010), é possível visualizar claramente as áreas de arenito com coloração alaranjada devido às bandas de formação da imagem (Figura 3). Na cidade de Bela Vista do Paraíso é observada uma extensão maior e coloração mais pronunciada, além de vários pontos esparsos pela região, inclusive na área de estudo.

Observa-se nas partes mais altas das vertentes (VRO e VSO), onde há influência do arenito, um relevo suave, tal como o relevo típico dessa formação

(MAACK, 2002). Também é notável a diferença quanto ao sistema de drenagem desses dois compartimentos da vertente. Na parte mais alta e plana há poucas ravinas e nascentes. Já nas partes mais baixas o relevo é diferenciado, sendo observada uma numerosa rede de ravinas e nascentes próximas, onde os solos são rasos (Figura 2). No seguimento inferior da VRO observa-se alta densidade de ravinas e nascentes nos locais de solos mais jovens, tal como observado por Dematte e Demetrio, (1996) em solos derivados do basalto.

PERFIL	DECLIVE (%)	ALTITUDE (m)	USO	VEGETAÇÃO	ROCHA
VRO					
*P1	2	463	preservação permanente	mata estágio intermediário	basalto vesicular e mat. coluvial
P2	20	470	reserva legal	mata estágio intermediário	basalto vesicular e amigdaloidal
P3	4	492	agricultura	culturas anuais	basalto vesicular e amigdaloidal
P4	15	513	agricultura	culturas anuais	basalto vesicular e amigdaloidal
P5	4	532	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P6	5	542	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P7	2	548	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P8	5	538	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
VSO					
P1	10	472	pecuária	pastagem plantada	basalto fanerítico
P2	8	488	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P3	6	513	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P4	5	525	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P5	2	530	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito

*Ponto 1; na seqüência no sentido da parte mais baixa para a mais alta.

Quadro 1 – Declive, altitude, uso, vegetação e material de origem dos perfis analisados (VRO e VSO) na área no município de Alvorada do Sul – PR



Figura 3 – Mapa de satélite com áreas com presença de arenito (alaranjado/claro) próximo da área de estudo nos municípios de Bela Vista do Paraíso e Alvorada do Sul – PR

Fonte: Modificado à partir de Google Maps, 2010

3.4.2 Morfologia do Solo

No Quadro 2 estão apresentados os dados relativos à profundidade dos solos. Observa-se que os quatro primeiros perfis da VRO consistem em solos rasos ou com problemas de drenagem e retenção de água por serem rasos. Já nos demais perfis das duas vertentes são observados solos profundos e sem problemas de drenagem.

Nos solos profundos (Nitossolos) há a presença de um horizonte B logo após um horizonte A ou AB, o qual apresenta características típicas de um horizonte B nítico, principalmente com relação à cerosidade e ao gradiente textural. Em seguida é observado camadas ou subhorizontes, que devido à sua menor cerosidade não se enquadram completamente como B nítico. Nesse sentido, foram

denominados Bt e subhorizontes, sendo o Bt1 o horizonte nítico diagnóstico propriamente dito, exceto no perfil 1 da VSO.

A disposição e espessura dos horizontes nos solos mais profundos, são variáveis de acordo com a posição do solo na vertente, sendo observada uma variação na espessura no horizonte Bt de 0,51 m (VRO, P8) a 1,02 m (VSO P5), bem como a profundidade em que este inicia e seus subhorizontes (Quadro 2).

No perfil 8 da VRO, a qual observou a menor espessura do horizonte Bt, se encontra no topo da vertente em local de relevo suave, conseqüentemente, com condições que propiciavam um maior desenvolvimento do solo e com horizonte Bw se apresentando em menor profundidade.

Assim, nessa área a ação do processo de formação do Bt não é tão eminente quanto nos outros perfis. Ao contrário, o perfil com maior espessura do Bt se apresenta na média encosta ocorrendo um processo mais intenso devido à sua posição na vertente e ação dos processos formadores do Bt em relação ao processo de latossolização.

Na camada ou subhorizonte entre o B nítico e Bw seria a frente de alteração, sendo que esta varia em profundidade dependendo da posição do perfil na vertente. A posição na vertente determina o processo dominante e seu tempo de ocorrência, bem como condições locais específicas.

Após o horizonte Bt há um Bw característico, o qual também se apresenta em profundidades variáveis em cada perfil; iniciando na profundidade de 0,69 m no P8 da vertente VRO e 1,52 m no P5 da VSO. No caso da variação na profundidade do Bw ao longo das topossequências, o processo de formação do Bt é menos eminente que a latossolização, o qual nos perfis avaliados é o mais antigo. A formação do B textural ou nítico, seria um processo mais recente e sua intensidade condicionada pelo relevo.

O Perfil 1 da VSO é o único dos perfis de nitossolos que apresenta apenas Bt sendo todos os horizontes abaixo do A considerados como B nítico. Por se apresentar na parte inferior da vertente, este recebe muito material coluvial em suspensão, o qual acaba colaborando para o aumento da cerosidade nas unidades estruturais. Também devido a menor profundidade em relação aos outros horizontes (120 cm), o material coluvial acaba se concentrando em suas estruturas.

PERFIL	Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Posição	Drenagem	Atração imã	Efervescência H ₂ O ₂
VRO							
P1 Gleissolo Háplico	A1	0-20	clara		interm	pouca	ligeira
	A3	20-40	clara		interm	pouca	ligeira
	Bg1	40-60	gradual	várzea	pouca	pouca	ligeira
	Bg2	60-87	gradual		pouca	pouca	ligeira
	Bg3	87-125	abrupta		pouca	pouca	ligeira
P2 Neossolo Regolítico	A1	0-12	gradual	rampa	boa	pouca	apresenta
P3 Neossolo Regolítico	A1	0-18	gradual	convexo	boa	pouca	apresenta
	CA	18-65	gradual	inferior	boa	pouca	apresenta
P4 Cambissol o Háplico	AP	0-16	clara		boa	pouca	apresenta
	AB	16-45	clara	côncavo	boa	pouca	apresenta
	[B]	45-77	gradual	inferior	boa	pouca	apresenta
	BC	77-89	gradual		boa	pouca	apresenta
P5 Nitossolo Vermelho	AP	0-22	clara		boa	pouca	apresenta
	*Bt1	22-60	gradual		boa	pouca	ligeira
	Bt2	60-100	difusa	convexo	boa	pouca	ligeira
	Bw1	100-126	difusa	médio	boa	pouca	ligeira
	Bw2	126-166	difusa		boa	pouca	ligeira
BW3	166+			boa	pouca	ligeira	
P6 Nitossolo Vermelho	AP	0-22	clara		boa	pouca	apresenta
	Bt1	22-54	gradual		boa	pouca	ligeira
	Bt2	55-66	gradual	côncavo	boa	pouca	ligeira
	Bt3	66-107	difusa	médio	boa	pouca	ligeira
	Bw1	107-150	difusa		boa	pouca	ligeira
Bw2	150+			boa	pouca	ligeira	
P7 Nitossolo Vermelho	AP	0-18	clara		boa	pouca	apresenta
	Bt1	18-40	gradual		boa	pouca	apresenta
	Bt2	40-69	gradual	convexo	boa	pouca	ligeira
	Bw1	69-113	difusa	superior	boa	pouca	ligeira
	Bw2	113-180	difusa		boa	pouca	ligeira
Bw3	180+			boa	pouca	ligeira	
P8 Nitossolo Vermelho	AP	0-15	abrupta		boa	pouca	apresenta
	AB	15-30	clara		boa	pouca	apresenta
	Bt1	30-77	gradual	côncavo	boa	pouca	apresenta
	Bt2	77-100	difusa	superior	boa	pouca	ligeira
	Bw1	100-148	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw2	148+			boa	pouca	ligeira

Continua.....

PERFIL	Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Posição	Drenagem	Atração imã	Efervescência H ₂ O ₂
VSO							
P1 Nitossolo Vermelho	Ap	0-21	gradual	rampa inferior	boa	pouca	apresenta
	Bt1	21-58	gradual		boa	pouca	apresenta
	Bt2	58-120	gradual		boa	pouca	ligeira
P2 Nitossolo Vermelho	AP	0-18	clara	rampa inferior	boa	pouca	apresenta
	Bt1	18-55	gradual		boa	pouca	apresenta
	Bt2	55-115	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw1	115-170	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw2	170+		boa	pouca	ligeira	
P3 Nitossolo Vermelho	AP	0-16	clara	convexo	boa	pouca	apresenta
	Bt1	16-71	gradual		boa	pouca	apresenta
	Bt2	71-105	gradual		boa	pouca	ligeira
	Bw1	105-155	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw2	155+		boa	pouca	apresenta	
P4 Nitossolo Vermelho	AP	0-14	clara	rampa superior	boa	pouca	apresenta
	Bt1	14-44	gradual		boa	pouca	apresenta
	Bt2	44-82	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw1	82-123	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw2	123-178	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw3	178+		boa	pouca	ligeira	
P5 Nitossolo Vermelho	AP	0-18	abrupta	rampa superior	boa	pouca	ligeira
	AB	18-50	clara		boa	pouca	ligeira
	Bt1	50-115	gradual		boa	pouca	ligeira
	Bt2	115-152	difusa		boa	pouca	ligeira
	Bw1	152+		boa	pouca	ligeira	

*Bt1: horizonte nítico diagnóstico

Quadro 2 – Descrições gerais dos perfis e horizontes dos solos analisados nas duas topossequências (VRO e VSO) na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, no município de Alvorada do Sul - PR.

Observa-se que os perfis com B nítico mais eminentes ou representativos se encontram em locais inferiores da encosta em ambas as vertentes.

As diferenças de espessura observadas nos Bt são devido à intensidade e duração do processo pedogenético que o originou. Desta forma, na transição entre Bt e Bw, é observado um horizonte com característica dos dois horizontes, onde possivelmente estaria ocorrendo às alterações. Assim, é identificado nos Nitossolos um subhorizonte com características morfológicas

variadas, se assemelhando mais ao Bt ou ao Bw. Devido à esse horizonte de transição, a distinção entre os limites entre Bt e Bw nem sempre é clara, ocorrendo transição de forma difusa (Quadro 2). A transição entre os demais horizontes é variável, sendo mais evidente entre o A e o B nítico.

No perfil de solo hidromórfico (VRO- P1) é observada estrutura apenas no horizonte superficial (Quadro 3), já no horizonte diagnóstico (Bg) não há uma estrutura definida. No horizonte A₁ ocorre uma estrutura maciça em blocos subangulares e no horizonte A₃ não há uma estrutura definida. O solo se apresenta maciço e coerente, típico do processo de hidromorfismo com redução de Fe (SANTOS et al., 2006).

Os horizontes diagnósticos na sua maioria apresentam estrutura em blocos angulares típica do Bt (Quadro 3). Nos horizontes Bw ocorre estrutura predominante forte e granular maciça, com presença de pequena quantidade de blocos subangulares, principalmente nos horizontes que sucedem o Bt.

Outro aspecto relacionado ao tipo de solo e sua formação é a cor. Nos Neossolos (P2 e P3 VRO - Quadro 3) diferindo do que normalmente seria uma matiz predominante vermelha, observa-se uma coloração acinzentada escura. Essa cor escura pode ser explicada pela presença de matéria orgânica poderia (LACERDA et al., 2008). No entanto, avaliando a análise dos teores de C desses perfis (Quadro 4), nota-se que estes não apresentam teores que permitam a predominância da cor bruna sobre a matiz vermelha.

Lacerda et al. (2008), observa a cor e outras características típicas de Horizonte A chernozênico, enquadrando como Chernossolos. No entanto, no caso dos solos analisados, enquadrá-los como Chernossolo segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2006) não seria possível devido a pequena espessura do horizonte A.

A coloração vermelha é em virtude da oxidação do Fe presente na rocha com o intemperismo. Como nos solos jovens onde se observa coloração acinzentada o intemperismo do material primário não foi completo, sendo observado muito material primário, a cor pode ser devido a não oxidação completa do ferro contido na rocha.

Nos horizontes Bt e Bw, foi verificado matriz com predominância do vermelho. Em relação à atração magnética esta é considerada fraca em relação aos solos derivados do basalto da região de Londrina-PR (23° 19' S; 51° 10' O). Lacerda

et al., (2008) em trabalho com rochas básicas e ultrabásicas relatam a formação de horizonte B nítico como matriz com predominância do vermelho e observa atração magnética forte. Isso ocorre possivelmente devido a menor concentração de ferro nos basaltos da área estudada em relação à outras regiões e a influência de outra formação geológica.

Desta forma foi observada cor praticamente uniforme nos solos mais profundos, apresentando matiz com predominância do vermelho (10R e 2,5 YR), havendo apenas algumas variações no tom (valor e croma) (Quadro 3), cores semelhantes às observadas por Ghidin et al. (2006) e Vidal-Torrado et al. (1999) para solos derivados de basalto.

Outra característica avaliada foi a cerosidade. Nos Bt ocorre uma cerosidade variável, no entanto nos Bt₁ (considerados B nítico diagnóstico) sempre observa-se cerosidade forte a moderada e comum (Quadro 3), caracterizando-os como um B nítico. Desta forma, dentre outros aspectos, pode ser identificado nos perfis horizontes B níticos, podendo ser classificados como Nitossolos Vermelhos.

Considerando a estruturação e a profundidade dos solos estudados é possível pontuar algumas limitações e vantagens desses solos quanto à sua utilização. O Gleissolo da VRO, possui limitações quanto a sua drenagem (Quadro 2), fato que segundo IBGE (2007) consiste na maior limitação, além de dificultar o manejo e o desenvolvimento radicular das plantas. Devido sua localização junto a nascentes ou cursos de água, segundo a legislação brasileira (Código Florestal Brasileiro, lei 4.771/65 e suas emendas constitucionais), poderia ser utilizado apenas como Área de Preservação Permanente (APP).

Guerra e Cunha (2001) confirmam os Gleissolos são solos de planícies aluviais, várzeas e depressões; podem ser distróficos ou eutróficos. Os eutróficos, como observado no perfil do presente estudo (Quadro 4), são geralmente relacionados a solos férteis localizados nas encostas circunvizinhas, e que são transportados pelos agentes fluviais, tal como os solos jovens encontrados no seguimento inferior da VRO. Assim, esses solos apesar de sua limitação física são quimicamente ricos.

Os Neossolos, embora possuam uma alta fertilidade química (Quadro 4), sua pequena profundidade impede uma boa retenção de água e não possibilita condições para o desenvolvimento radicular, consistindo em solos limitantes principalmente para culturas perenes (IBGE, 2007).

Horizonte	cerosidade	Cor Predominante		Grau Estrutura	Classe Estrutura	Consistência Seco	Consistência Molhada
		Seco	Úmido				
Munsell							
VRO							
P 1							
A1	**_	7,5 YR 4/4	7,5 YR 3/2	forte	peq. bl. subang	ext. duro	m. pl. m. peg
A3	-	7,5YR 4/4	5YR 4/2	***_	sem, mac.coe.	ext. duro	m. pl. m. peg
Bg1	-	7,5YR 4/4	7,5YR 3/2	-	sem, mac.coe.	ext. duro	m. pl. m. peg
Bg2	-	7,5YR 4/6	5YR 3/4	-	sem, mac.coe.	ext. duro	m. pl. m. peg
Bg3	-	10YR 4/2	7,5YR 3/2	-	sem, mac.coe.	ext. duro	m. pl. m. peg
P2							
A1	-	5 YR 4/2	5YR 3/2	forte	peq. bl. subang	duro	pl. peg.
P3							
Ap	-	5YR 3/2	5YR 3/2	forte	peq. gr. maciça	ext. duro	pl. peg.
CA	-	5YR 6/2	2,5 YR 3/2	-	sem, mac.coe.	ext. duro	pl. peg.
P4							
Ap	-	2,5/2YR 2,5/4	10R 3/3	forte	peq. bl. subang	m. duro	pl. m. peg
AB	-	2,5YR 2,5/4	10R 3/3	forte	peq. bl. subang	ext. duro	pl. m. peg
[B]	mod comum	2,5YR 3/4	10R 3/4	forte	peq. bl. ang.	ext. duro	pl. m. peg
BC	fracá comum	2,5YR 3/4	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	ext. duro	pl. m. peg
P5							
Ap	-	10R 3/3	2,5YR 3/4	forte	méd. bl. ang.	m. duro	pl. peg.
*Bt1	mod comum	10R 4/6	10R 4/4	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fracá comum	2,5YR 4/4	10R 3/4	forte	peq. bl. sub	m.duro	pl. m.peg.
Bw1	-	10R 4/4	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	duro	pl. peg.
Bw2	-	10R 4/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac	duro	pl. peg.
Bw3	-	2,5YR 3/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac	lig. duro	pl. peg.
P6							
Ap	-	2,5YR 3/4	10R 3/2	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. peg.
Bt1	mod comum	2,5YR 3/4	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fracá comum	2,5YR 4/4	10R 3/4	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt3	fracá comum	2,5 YR 4/4	10R 3/4	forte	méd. bl. sub.	duro	pl. m. peg.
Bw1	-			forte			
Bw2	-	10R 4/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
P7							
Ap	-	2,5YR 3/4	10R 3/3	forte	méd. bl. sub.	duro	pl. m. peg.
Bt1	mod comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fracá comum	10R 3/6	10R 3/4	forte	peq. bl. ang.	duro	pl. m. peg.
BW1	-	10R 4/4	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	duro	pl. m. peg.
Bw2	-	10R 4/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
BW3	-	10R 4/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	macio	pl. peg.
P8							
Ap	-	2,5YR 3/4	10R 3/3	forte	peq. gran. mac.	duro	pl. m. peg.
AB	-	2,5YR 4/4	10R 3/3	forte	méd. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.

Continua...

Horizonte	cerosidade	Cor Predominante		Grau Estrutura	Classe Estrutura	Consistência Seco	Consistência Molhada
		Seco	Úmido				
Munsell							
Bt1	mod comum	10R 4/6	10R 3/4	forte	méd. bl. ang.	ext. duro	pl. m. peg.
Bt2	fraca comum	10R 4/4	10R 3/4	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bw1	-	10R 4/6	10R 3/6	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
Bw2	-	10R 4/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	macio	pl. peg.
VSO							
P1							
Ap	fraca comum	10R 3/3	10R 3/2	forte	méd. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt1	forte comum	10R 3/4	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	mod comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
P2							
Ap	-	10R 3/4	10R 3/2	forte	peq. bl. sub.	m. duro	pl. peg.
Bt1	mod comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fraca comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	duro	pl. m. peg.
Bw1	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	m. peq. gr. mac.	duro	pl. peg.
Bw2	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
P3							
Ap	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. gr. mac.	m. duro	pl. m. peg.
Bt1	mod comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fraca comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. sub.	m. duro	pl. m. peg.
Bw1	fraca comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
Bw2	-	2,5YR 3/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
P4							
Ap	-	2,5YR 3/4	10R 3/3	forte	méd. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt1	mod comum	2,5YR 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. sub.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fraca comum	10R 3/6	10R 3/4	forte	peq. bl. sub.	m. duro	pl. m. peg.
Bw1	fraca comum	10R 3/6	10R 3/4	forte	peq. bl. sub.	duro	pl. peg.
Bw2	-	10R 3/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
Bw3	-	10R 3/6	10R 3/4	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.
P5							
Ap	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	méd. bl. ang.	ext. duro	pl. m. peg.
AB	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	méd. bl. ang.	duro	pl. m. peg.
Bt1	mod. comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. ang.	m. duro	pl. m. peg.
Bt2	fraca comum	10R 3/6	10R 3/3	forte	peq. bl. sub.	duro	pl. m. peg.
Bw1	-	10R 3/6	10R 3/3	forte	m. peq. gr. mac.	lig. duro	pl. peg.

* B nítico diagnóstico

** Atributo ausente

*** Não avaliado

Peq: pequena; **m. Peq:** muito pequena; **med:** média; **bl. ang:** blocos angulares; **bl. subang.:** blocos subangulares; **gr.:** granular; **gr. gru.:** granular em grumos; **m. duro:** muito duro; **ext. duro:** extremamente duro; **lig. duro:** ligeiramente duro; **pl.:** plástico; **m. pl.:** muito plástico; **lig. Pl.:** ligeiramente plástico; **pg.:** pegajoso; **lig. pg.:** ligeiramente pegajoso; **m. peg.:** muito pegajoso.

Quadro 3 – Descrição morfológica dos perfis e horizontes dos solos analisados nas duas toposequências (vertente RO e SO) na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, no município de Alvorada do Sul - PR

PERFIL	Horizonte	pH ClCa	Al	AL + H	Ca	Mg	K	P	C	CTC	SB	V
VRO												
P1 Gleissolo Háplico	A1	4.91	0.04	5.76	26	9.5	1.186	2.82	37.63	42.45	36.69	86.43
	A3	4.02	0.09	9	19.7	11.2	0.213	1.76	13.94	40.11	31.11	77.56
	Bg1	4.18	0.75	4.28	27.5	18.6	0.306	0.96	16.73	50.69	46.41	91.56
	Bg2	5.02	0.04	4.61	21.6	13.5	0.213	2.20	6.97	39.92	35.31	88.45
	Bg3	5.75	0.03	3.68	28.9	13.6	0.193	2.07	9.76	46.37	42.69	92.06
P2 Neossolo Regolítico	A1	5.83	0.00	3.42	24.6	8.7	1.432	37.52	87.81	38.15	34.73	91.04
P3 Neossolo Regolítico	Ap	5.68	0.00	3.68	38.4	9.9	0.777	53.03	51.57	52.76	49.08	93.02
	CA	5.75	0.02	2.95	43.4	8.8	0.121	87.59	12.54	55.27	52.32	94.66
P4 Cambissol o Háplico	Ap	5.69	0.00	3.97	21.9	2.9	0.572	33.30	64.11	29.34	25.37	86.47
	A3	5.85	0.00	3.18	19.6	2.2	0.429	2.20	25.09	25.41	22.23	87.48
	[B]	6.01	0.00	2.74	17.3	2.7	0.367	2.01	18.12	23.11	20.37	88.14
	Bc	6.31	0.00	2.54	16.5	2.1	0.306	3.68	13.94	21.45	18.91	88.16
P5 Nitossolo Vermelho	Ap	4.81	0.07	5.35	7.9	3.1	0.193	5.98	27.88	16.54	11.19	67.66
	*Bn1	5.15	0.03	3.18	8.00	1.9	0.008	2.07	2.79	13.09	9.91	75.70
	Bn2	5.18	0.00	3.42	8.30	1.2	0.002	2.69	5.58	12.92	9.50	73.53
	Bw1	5.17	0.03	2.95	6.60	1.5	0.029	3.37	29.27	11.08	8.13	73.37
	Bw2	4.99	0.09	3.42	6.40	1.7	0.049	2.57	2.79	11.57	8.15	70.44
	Bw3	5.4	0.00	2.95	6.2	1.9	0.049	2.94	16.73	11.10	8.15	73.42
P6 Nitossolo Vermelho	Ap	5.85	0.01	2.95	7.9	10.7	0.726	12.06	26.48	22.28	19.33	86.76
	Bn1	5.76	0.28	3.68	6.9	1.3	0.388	1.01	11.70	12.27	8.59	70.00
	Bn2	6.04	0.04	2.95	6.6	1.3	0.029	3.31	8.36	10.88	7.93	72.88
	Bn3	6.18	0.08	2.36	6.6	1.1	0.018	4.24	13.94	10.08	7.72	76.58
	Bw1	6.18	0.01	2.19	6.2	0.7	0.018	3.31	8.36	9.11	6.92	75.96
	Bw2	6.23	0.00	2.19	4.4	1.9	0.002	2.51	5.58	8.49	6.30	74.20
P7 Nitossolo Vermelho	Ap	5.14	0.06	3.97	5.9	2.7	0.357	8.09	29.27	12.93	8.96	69.29
	Bn1	5.7	0.05	2.74	6.9	1.8	0.049	2.20	9.76	11.49	8.75	76.15
	Bn2	5.7	0.03	2.74	5.7	1.5	0.008	2.63	6.97	9.95	7.21	72.46
	Bw1	5.2	0.02	2.95	5.5	1	0.002	2.38	8.36	9.45	6.50	68.78
	Bw2	5.48	0.02	2.74	4.4	1.2	0.049	1.70	5.58	8.39	5.65	67.34
	Bl3	5.17	0.03	2.74	2.9	2	0.008	3.25	2.79	7.65	4.91	64.17
P8 Nitossolo Vermelho	Ap	5.58	0.04	3.42	7.2	2.1	0.747	4.62	27.88	13.47	10.05	74.60
	BA	5.4	0.00	3.18	7.2	1	0.562	2.94	19.51	11.94	8.76	73.37
	Bt1	5.66	0.00	2.74	6	1.5	0.265	2.88	8.36	10.50	7.76	73.92
	Bt2	5.4	0.00	3.18	4.6	2.7	0.193	2.51	2.79	10.67	7.49	70.20
	Bw1	4.5	0.13	3.42	4	0.1	0.111	1.82	4.18	7.63	4.21	55.18
	Bw2	4.55	0.25	3.42	1.5	1.6	0.080	2.07	4.18	6.60	3.18	48.18

PERFIL	Horizonte	pH ClCa	-----cmol _c .dm ⁻³ -----					mg.dm ⁻³ g.dm ⁻³		---cmol _c .dm ⁻³ ---		V %
			Al	AL + H	Ca	Mg	K	P	C	CTC	SB	
VSO												
P1 Nitossolo Vermelho	Ap	5.72	0.00	3.68	20.1	3.6	0.931	7.10	36.24	28.31	24.63	87.00
	Bt1	5.68	0.00	2.95	12.9	2.8	0.501	3.37	16.73	19.15	16.20	84.60
	Bt2	5.54	0.06	2.95	9.5	2.4	0.521	5.55	8.36	15.37	12.42	80.81
P2 Nitossolo Vermelho	Ap	5.08	0.17	4.96	8.4	4.4	0.275	8.59	33.45	18.03	13.07	72.50
	Bt1	5.13	0.14	3.97	9	1.5	0.039	3.62	12.54	14.51	10.54	72.64
	Bt2	5.44	0.00	3.18	8.1	1.7	0.029	3.62	8.36	13.01	9.83	75.55
	Bw1	5.15	0.07	3.42	6.2	1.5	0.008	2.26	4.18	11.13	7.71	69.27
	Bw2	4.46	0.34	4.28	2.8	2.6	0.008	1.64	2.79	9.69	5.41	55.82
P3 Nitossolo Vermelho	Ap	4.95	0.24	6.21	5.1	2.5	0.685	11.57	27.30	14.50	8.29	57.16
	Bt1	4.26	1.39	8.36	3.3	1.8	0.111	0.82	9.10	13.57	5.21	38.40
	Bt2	4.85	0.17	4.96	4.6	1.3	0.018	1.32	6.50	10.88	5.92	54.41
	Bw1	4.35	0.97	6.69	2.4	1.5	0.018	0.39	5.20	10.61	3.92	36.94
	Bw2	4.25	1.24	7.2	1.1	0.8	0.049	0.45	5.20	9.15	1.95	21.30
P4 Nitossolo Vermelho	Ap	4.48	0.18	6.69	6	2.8	0.716	11.39	27.30	16.21	9.52	58.72
	Bt1	4.98	0.12	5.35	5.5	1.5	0.336	0.26	13.00	12.69	7.34	57.83
	Bt2	4.87	0.25	4.61	4.2	1.8	0.029	1.63	6.50	10.64	6.03	56.67
	Bw1	4.92	0.11	4.28	3.9	2.1	0.080	1.75	5.20	10.36	6.08	58.69
	Bw2	5.01	0.05	3.97	2.9	2	0.018	0.32	3.90	8.89	4.92	55.34
P5 Nitossolo Vermelho	Bw3	5.08	0.45	3.97	1.9	2.7	0.002	0.01	2.60	8.57	4.60	53.66
	Ap	5.25	0.21	4.61	4.3	1.6	0.716	18.28	14.30	11.23	6.62	58.93
	Ab	5.01	0.15	4.96	3.4	1.5	0.613	5.98	18.20	10.47	5.51	52.64
	Bt1	4.63	0.55	5.76	2.6	1.5	0.254	1.07	16.90	10.11	4.35	43.05
	Bt2	4.62	0.38	5.76	2.6	1	0.265	1.44	13.00	9.62	3.86	40.15
	Bw1	4.51	0.33	4.96	1.4	0.9	0.336	0.32	9.10	7.60	2.64	34.71

* Horizonte nítico diagnóstico

Quadro 4 – Atributos químicos dos horizontes dos solos analisados nas duas topossequências (VRO e VSO) na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, no Município de Alvorada do Sul - PR.

Os Nitossolos, por serem profundos, não são limitantes ao desenvolvimento radicular. A presença de um horizonte textural com altos teores de argila e estrutura em blocos, embora dificulte a infiltração, permite um bom armazenamento de água por um período maior comparado aos horizontes Bw. Também esses solos podem tornar-se mais suscetíveis à compactação, principalmente após a perda de matéria orgânica do horizonte superficial e aumento dos índices de dispersão.

Com relação aos atributos químicos observados no Quadro 4, é possível verificar a diferença na riqueza química entre os horizontes do seguimento inferior da VRO e os demais perfis das VRO e VSO. Também a riqueza pode ser associada química à evolução do solo e sua origem. Os solos mais jovens por não

passarem por processo de perda de nutrientes conservam boa parte destes, além do material de origem quando mais rico em alguns elementos, formar solos também mais ricos quimicamente.

3.5 CONCLUSÕES

1- A dinâmica interna e o processo de consolidação do material de origem foram os principais responsáveis pelas formas de relevo. As formas do relevo juntamente com a diferenciação observada no basalto condicionaram a evolução e distribuição de solos na vertente.

2- Houve relação entre formas de relevo e material de origem, tanto pela dinâmica interna de formação, quanto pelo comportamento desses materiais aos processos erosivos.

3- Nos solos estudados B nítico e B latossólico foram os que se apresentaram em maior extensão das vertentes sendo a espessura do B nítico em relação ao B latossólico relacionada à intensidade do processo de formação condicionado por sua posição na vertente.

4- Os solos menos evoluídos, conseqüentemente, mais rasos e férteis se encontram no seguimento da vertente com relevo mais ondulado e material de origem diferenciado. Já os mais evoluídos se encontram no seguimento superior das vertentes ou em regiões de relevo suave.

5- Estrutura, cor e cerosidade, além de profundidade, foram os principais atributos morfológicos que contribuíram para a identificação das diferentes classes de solo.

3.6 REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- CAMPOS, M. C. C. et al. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 519-529, 2007.
- CANELLAS, L. P. et al. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 133-143, 2000.
- CLASSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
- DEMATTE, J. A. M.; CAMPOS, R. C. e ALVES, M. C. Avaliação espectral de solos desenvolvidos em uma topossequência de diabásio e folhelho da região de piracicava, SP. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 2447-2460, 2000.
- DEMATTE, J. A. M. e DEMETRIO, V. A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas ácidas na região de Guarapuava (PR). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 20, p. 305-311, 1996.
- GOOGLE MAPS. **Dados Cartográficos 2010**, MapLink/Tele Atlas, Europe thecnologies. Disponível em: <<http://www.google.com.br/maps>> Acesso em 25 fev. 2010.
- GHIDIN, A. G. et al. Topossequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 30, p. 307-319, 2006.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 472 p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANA – IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo.php>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- LACERDA, M. P. C. et al. Estudo da relação pedomorfogeológica na distribuição de solos com horizontes B textural e B nítico na paisagem de Lavras (MG). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 271-284, 2008.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001, 659 p.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba, Imprensa Oficial, 2002. 438p.

NASCIMENTO, R. S.; GORAYEB, P. S. S. Basaltos da suíte Parapuí, Gráben Jaibaras, noroeste do Ceará: caracterização, petrografia, geoquímica e química mineral. **Revista brasileira de geociências**, v. 34, p. 459-468, 2004.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983. 631p.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. 306 p.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92 p.

SILVA, A. C. et al. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequências de latossolos do sul de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1059-1068, 2007.

SOUZA JÚNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 449-456, 2008.

THOMAZ, E. L. Aspectos geomorfopedológicos de uma vertente em área de basalto no município de guarapuava – PR. **MERCATOR**, v.7:, p. 67-85, 2008.

VIDAL-TORRADO, P. et al. Pedogênese em uma seqüência latossolo-podzólico na borda de um platô na depressão periférica paulista. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23 p. 909-921, 1999.

4 ARTIGO B: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DE SOLOS DE DUAS TOPOSSEQUENCIAS DESENVOLVIDAS SOBRE MATERIAL BASÁLTICO.

4.1 RESUMO E ABSTRACT

Resumo

Em uma vertente os solos possuem uma seqüência evolutiva e processos pedogenéticos que caracterizam cada unidade. Considerando uma paisagem variada, os atributos químicos e físicos também são diferenciados, e desta forma cada unidade de solo pode representar atributos únicos. O objetivo do presente trabalho consiste em caracterizar os atributos químicos e físicos de duas vertentes, buscando identificar as correlações entre esses atributos o relevo e o material de origem. Foram estudadas duas vertentes (relevo ondulado – VRO e suave ondulado - VSO) desenvolvidas sobre material basáltico com variações na própria rocha e contribuições do arenito Caiuá. Foram avaliados os atributos físicos (densidade do solo e de partículas, porosidade do solo - total, macro e microporosidade), textura do solo, estabilidade de agregados em água (DMG, DMP e IEA), grau de dispersão (GD) e grau de floculação (GF), além de análises químicas (Ca, Mg, P, K, Al, Al+H e Carbono total) e determinação do ΔpH . Os resultados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) para obtenção dos círculos de correlações. No círculo de autovetores da VRO os autovetores representando os atributos químicos se concentraram no setor positivo do eixo 1, enquanto os representando os atributos físicos se concentram no setor negativo dos eixos 1 e 2, havendo uma tendência de relação inversa entre ambos. Em relação aos atributos físicos, observa-se que os autovetores de GF, ΔpH , DMP, DMG e IEA (um pouco mais distante), apresentam uma relação positiva, enquanto GD relação inversa. No entanto, DMP, DMG e IEA estão mais próximos do eixo 2 e ΔpH e GF mais próximos do eixo 1. Na VRO a influência do ΔpH na floculação do solo parece ser menor que no gráfico geral. A floculação e dispersão não tem apenas influência do ΔpH nesses solos. Fato contrário ocorre no gráfico da vertente C onde a correlação entre esses atributos é forte e evidente. No círculo de autovetores da vertente C a maioria dos vetores se encontram no setor negativo, tanto as físicas quanto as químicas, porém estando as últimas próximas entre si. Também as relações entre Ca, Mg, K e alumínio se apresentam evidente. Assim os atributos químicos e físicos estão relacionados nas duas vertentes, sendo o nível de correlação dependente das interações existentes. Também os solos jovens e com características diferenciadas apresentaram comportamento diferente aos demais. Profundidade efetiva e estrutura foram os atributos limitantes, apesar de serem observados outros atributos favoráveis. As relações entre os atributos são diferenciadas ao longo das vertentes, sendo influenciada pela natureza química e física do substrato geológico.

Palavras-chave: Vertente. Atributos físicos. Atributos químicos. Uso do solo.

Chemical and Physical Soils of Two Toposequences Developed on Basaltic Mater

Abstract

In a slope the soils possess an evolutionary sequence and pedogenetics processes that characterizes each unit. Considering a varied landscape, the chemical and physical attributes are also differentiated, in this way each unit of soil can represent only attributes. The objective of the present work consists of characterizing the chemical and physical attributes of two slopes, looking for to identify the correlations among those attributes the relief and the origin material. They were studied two slopes (wavy relief–SWR and soft wavy - SWS) developed on basaltic material with variations in the own rock and contributions of the Arenito Caiuá. They were appraised the physical attributes (density of the soil and of particles, porosity of the soil - total, macro and microporosity), texture of the soil, stability of aggregates in water (DMG, DMP and IEA), dispersion degree (DG) and flocculation degree (FG), besides chemical analyses (Ca, Mg, P, K, Al, Al+H and total Carbon) and determination of DpH. The results were submitted to the analysis of main components (ACP) for obtaining of the circles of correlations. In I circulate him of autovectores of SWR the autovectores representing the chemical attributes they concentrated on the positive section of the axis 1, while representing them the physical attributes concentrates on the negative section of the axes 1 and 2, having a tendency of inverse relationship between both. In relation to the physical attributes, it is observed that the autovectores of GF, DpH, DMP, DMG and IEA (a little more distant), they present a positive relationship, while GD inverse relationship. However, DMP, DMG and EIA are closer of the axis 2 and DpH and closer GF of the axis 1. In SWR the influence of DpH in the flocculation of the soil seems to be smaller than in the general graph. The flocculation and dispersion doesn't have it just influences of DpH in those soils. Contrary fact happens in the graph of the slope C where the correlation among those attributes is strong and evident. In I circulate him of autovectores of the slope C most of the vectors they are in the section negative, as much the physics as the chemistries, however being the last ones close to each other. Also the relationships among Ca, Mg, K and aluminum come evident. The chemical and physical attributes are like this related in the two slopes, being the level of dependent correlation of the existent interactions. Also the young soils and with differentiated characteristics they introduced behavior different to the others. Depth executes and it structures they were the attributes limitantes, in spite of other favorable attributes they be observed. The relationships among the attributes are differentiated along the slopes, being influenced by the chemical and physical nature of the geological substratum.

Keywords: Slope. Physical attributes. Chemical attributes. Soil's usage.

4.2 INTRODUÇÃO

Os solos são formados como unidades dissociadas, mas numa continuidade estrutural das camadas ao longo da topossequência. Os solos das partes superiores contribuem com água, solutos e materiais coluviais na formação

daqueles abaixo (LAVELLE; SPAIN, 2001). Em uma vertente, do topo até um curso d'água, as condições de formação do solo são diferentes. Entretanto, condições locais podem limitar o desenvolvimento do solo, tal como temperatura, altitude e disponibilidade de água (RASMUSSEN et al., 2009).

Devido à influência dos processos que atuam no solo, com o tempo o perfil torna-se verticalmente diferenciado em vários horizontes ou camadas, que refletem a dominância de um processo sobre os demais. Os horizontes ou camadas podem diferir em morfologia, textura, tipo de argila e outros minerais, matéria orgânica e quantidade de nutrientes (IBGE, 2007). Embora em ambientes tropicais ocorrem solos altamente intemperizados, pode ser observado em alguns casos moderada evolução morfológica, química e mineralógica nesses solos, originando solos semelhantes a ambientes temperados (VIDAL-TORRADO et al., 2006; VIDAL-TORRADO et al., 2007)

A variabilidade dos atributos químicos e físicos dos solos em camada específica ou em um horizonte é influenciada, principalmente, pela natureza química e física do substrato geológico (TERAMOTO et al., 2001).

Segundo Balieiro et al. (2008) o relevo tem forte influência sobre os atributos químicos do solo. Os estoques de C ao longo da vertente se relacionam com a posição na paisagem, com o teor de argila e com a densidade de partícula. Além disso, pequenas variações nas formas do relevo condicionam variabilidade diferenciada para os atributos químicos (SOUZA et al., 2004). Para o uso do solo e adubação, o reconhecimento da variabilidade espacial da fertilidade fornece importantes subsídios para a racionalização de insumos agrícolas (MONTEZANO et al., 2006).

Para o estudo de solos na paisagem utiliza-se o trabalho de acordo com as topossequências e suas diferenciações e peculiaridades. Pode ser utilizado o método de prospecção ao longo das topossequências, o qual consiste no estudo do solo e suas variações relacionadas com a geomorfologia local. Assim a divisão da paisagem em superfícies geomórficas e a identificação do material de origem podem ser eficientes na compreensão da variação dos atributos do solo (CAMPOS et al., 2007). Através desse método, é possível estabelecer correlações entre classes, textura, drenagem, profundidade, declive, comprimento e forma de pendentes, posição e exposição do solo em relação às encostas, além de atributos químicos e mineralógicos.

A drenagem é diferenciada nas diversas posições da paisagem. Nas partes altas e planas essa quase sempre é boa e tem sentido único vertical, já nas áreas mais baixas, ela é menor podendo haver locais de saturação, o que influencia na dinâmica do solo e da matéria orgânica (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Dentre os atributos físicos, a agregação do solo é um importante atributo, pois garante uma boa resistência aos processos erosivos. Na superfície a estabilidade de agregados é importante, pois evita a dispersão com o impacto da chuva e conseqüente erosão superficial pelo selamento e formação de blocos não estruturados de material não agregado (MARSHLL; HOLMES, 1979).

Relacionada à agregação está a floculação do solo, além de outros atributos físico e químicos. A reação do solo e seu conteúdo de cargas têm relação com a floculação e dispersão, pois estas são de caráter físico-químico. A dispersão do solo promovida por óxidos e carbonatos de Cálcio mostram-se dependentes da mineralogia e do potencial eletroquímico (ALBUQUERQUE et al., 2002; BARBOSA; TAVARES FILHO, 2007). Para entender esse tipo de alteração, parâmetros com delta pH (ΔpH) e ponto de carga zero (PCZ) são utilizados nesses trabalhos que mostram a importância dessas interações de cargas na floculação do solo.

Além dos processos e fenômenos naturais, o homem contribui para muitas alterações no perfil de solo. É clara a influência do cultivo na estabilidade de agregados (WOHLENBERG et al., 2004; BARRETO et al., 2009), este promove a rápida decomposição da matéria orgânica; forma agregados de tamanhos diversos; causa a compactação; e diminui a estabilidade (MARSHLL; HOLMES, 1979).

O solo sob floresta natural tem melhor agregação que solos cultivados (BARRETO et al., 2009). O uso do solo altera suas propriedades físicas, em relação ao sistema com mata nativa (ABUQUERQUE et al., 2000). A mobilização do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas modificam o tamanho dos agregados e a relação, macroporos e microporos com aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes (SOARES et al., 2005). Além de inúmeras outras alterações.

O objetivo do presente trabalho consistiu em caracterizar os atributos químicos e físicos de duas vertentes, buscando identificar as correlações entre esses atributos, o relevo e o material de origem.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área próxima a Rodovia PR-090, entre as cidades de Bela Vista do Paraíso e Alvorada do Sul (22° 54' S; 51° 13' O), em um assentamento de reforma agrária que possui área de 1.055 ha, divididos em 60 lotes de aproximadamente 12 ha cada, além de área de reserva legal. O clima local segundo classificação de Köppen é Cfa - Clima subtropical; tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém, sem estação seca definida. Média de precipitação anual de 1588 mm/ano (Instituto Agrônômico do Paraná-IAPAR, 2009).

A área localiza-se no Terceiro Planalto do Paraná, na Formação Serra Geral - Planalto de Apucarana, que caracteriza-se principalmente por trapps de rochas basálticas (MAACK, 2002). Nas partes mais altas são observadas vestígios de material sedimentar de rochas areníticas suprajacentes (Arenito Caiuá).

Foram descritas duas vertentes onde os transectos para estudo das topossequências estavam distantes entre si 2000 m. Ambas com mesmo sentido (sudoeste-nordeste), porém com variações no material de origem dentro da mesma formação e formações diferentes. Denominou-se vertente relevo ondulado (VRO) e a segunda, vertente relevo suave ondulado (VSO).

O transecto para estudo na VRO possui 1800 m de extensão. A altitude média é de 505 m, relevo ondulado no segmento inferior (primeiros 700 m), suave ondulado no seguimento posterior (1100 m posteriores) e sentido sudoeste-nordeste. O uso atual na parte mais baixa consiste em mata em estado intermediário de regeneração; no restante, pastagem e culturas anuais. A VSO possui 2000 m e mesmo sentido da VRO, porém com altitude média de 497 m, declividade média de 6% e relevo suave ondulado em toda sua extensão. O uso atual consiste em pequena extensão com pastagem e o restante culturas anuais.

Inicialmente, tradagens foram feitas ao longo das duas topossequências para a identificação e delimitação preliminar das principais variações quanto às classes de solos. Também foram realizadas observações que visaram identificar as áreas de relevo geomorfologicamente distintas e o material de origem. Posteriormente, foi aberta uma trincheira em cada seguimento do relevo, ou em cada local representativo da unidade de solo na unidade geomórfica previamente identificada.

As trincheiras foram abertas, quando o solo suficientemente profundo, com 1,0 x 0,8 x 2,0 m (comprimento, largura e profundidade respectivamente) onde foram realizadas a delimitação dos horizontes e subhorizontes. Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas em todos os horizontes e subhorizontes dos perfis para a realização de análises físicas e químicas. As amostras indeformadas foram coletadas na parte central do horizonte.

As análises físicas das amostras de solo corresponderam à determinações da porosidade do solo (total - VTP), macro (Ma) e microporosidade (Mi), densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp), análise granulométrica (CLASSEN, 1997) e estabilidade de agregados (KEMPEL; SHEPIL, 1955).

Nas análises para a determinação da Ma e Mi utilizou-se o método da mesa de tensão a 0,6 MPa; para determinação da Ds o método do anel volumétrico; determinação da Dp pelo método do balão volumétrico; e o da pipeta com a agitação lenta para a determinação granulométrica.

Também foi quantificada a argila dispersa em água pelo método da pipeta, porém sem dispersante químico, sendo posteriormente calculado o índice de dispersão e floculação (grau de dispersão-GD e grau floculação-GF).

A estabilidade de agregados foi avaliada com base na metodologia de Kempel e Shepil (1955) pelo método de agitação em água, com umidecimento lento, em conjunto de 5 peneiras (8, 2, 1, 0,5, 0,25 mm), sendo as amostras anteriormente passadas em peneira de 19 mm. Determinou-se o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA).

Em algumas análises físicas (estabilidade de agregados e densidade do solo) não foram analisadas amostras dos horizontes Glei e CA, devido à forma de estrutura maciça e ao alto teor de umidade do horizonte glei e à grande quantidade de material grosseiro no horizonte CA.

Na caracterização química procedeu-se segundo métodos propostos por Classen (1997), sendo analisados: pH em H₂O, CaCl e em KCl 1 mol L⁻¹, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, P, C-orgânico e H + Al. A partir das análises foram calculados a SB, S, T e ΔpH (diferença entre o pH em KCl 1 mol . L⁻¹ e pH em água).

Os resultados das análises foram relacionados com as características do relevo e material de origem, sendo posteriormente submetidos à análise de componentes principais (ACP) por meio do programa ADE4

(THIOULOUSE, 1997), obtendo-se os círculos de autovetores para a análise das correlações entre os atributos nas vertentes.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Atributos químicos e físicos e suas relações com as características da vertente e material de origem

Os solos estudados são argilosos a muito argilosos com exceção do horizonte A dos perfis 6 e 7 da VRO (Quadro 01), onde é observado maiores teores de areia. Isso se deve à influência do arenito Caiuá na formação desses solos.

Nas duas vertentes entre os horizontes A e Bt dos Nitossolos (B nítico), não foi observado aumento do gradiente textural como descrito para os Bt típicos. Nota-se uma granulometria uniforme com pequena variação ao longo do perfil, com exceção dos perfis mencionados anteriormente. Como descrito no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006), a baixa diferença textural entre os horizontes A e Bt, juntamente com cerosidade forte a moderada e comum, são características dos nitossolos. Também não é observada diferença textural entre o horizontes Bt e o B latossólico (Bw) subsequente.

Com relação à dispersão, observa-se que os horizontes Bw apresentam altos índices de floculação (Quadro 1). Isso se deve principalmente à condição físico-química do horizonte, o que pode ser comprovado por valores de ΔpH próximos de zero, diferente dos horizontes com menores índices de floculação. A microestrutura forte característica dos Bw, formada pelas condições físico-químicas e mineralógicas desses solos, é bastante estável e quando o solo é disperso fisicamente, rapidamente volta ao seu estado floculado.

Os horizontes B níticos apresentam estrutura em blocos e alto índice de dispersão. Já os B latossólicos (Bw) apresentam estrutura granular e alto índice de floculação. No entanto, foi observado que alguns subhorizontes de transição como Bt2 ou Bw1, apresentaram 100% de floculação, mantendo a estrutura forte e em blocos. Embora esses resultados possam ser explicados pelo balanço de cargas (ΔpH), esta não segue um padrão com relação à estrutura, pois foi observado nesses horizontes com alta floculação, estrutura em blocos e alto IEA. Esse

fenômeno deve ocorrer devido à processos pedológicos específicos, visto que tais camadas são zonas de transição e ao mesmo tempo frentes de alteração.

Nos horizontes B latossólicos observou-se menores valores de ΔpH , em sua maioria, menores que 0,5. Centurion et al. (1995), observaram em B latossólico de basalto valores de ΔpH de 0,3 e 0,4, com 100% de flocculação. Como nesses solos devido ao intenso intemperismo há grandes quantidades de argila 1:1 e óxidos de Fé e Al, componentes com baixo PCZ, esses influenciam o comportamento físico-químico do solo e conseqüentemente sua flocculação.

Nos horizontes A e Bt1 (B nítico diagnóstico) foi observado fenômeno inverso. Os valores de ΔpH apresentam-se maiores, portanto maior tendência à dispersão. No entanto, essas relações não são absolutas e numericamente exatas, sendo observado diferença entre os solos, com relação à representatividade do ΔpH com relação à dispersão.

Nos horizontes com constituintes e processos pedogenéticos distintos dos Bt e Bw (Bh, A1 dos Neossolos e do Gleissolos e Bt do Cambissolo), essa diferença pode ser observada, sendo que apenas o ΔpH não explica completamente a flocculação do solo, tal como observado nos perfis de solos jovens. Como relatam Albuquerque et al., (2002) e Barbosa; Tavares Filho, (2007) além de parâmetros físico-químicos (ΔpH e PCZ), há influência também da mineralogia do solo.

Nas análises de estabilidade de agregados, os horizontes Bw apresentam menor IEA que os outros horizontes do mesmo perfil e com pequena quantidade de agregados maiores que 2mm (Quadro 1). Embora esses horizontes possuam um menor IEA, agregados menores que 0,25 mm, acabam passando pela última peneira e não são considerados no índice. Assim, os B latossólicos embora apresentem um IEA relativamente baixo, são fortemente estruturados devido à sua mineralogia e condição físico-química, tal como observado nos índices de flocculação (Quadro 1).

Com relação à distribuição nas peneiras, observa-se no horizontes Bt uma predominância do agregados na classe de 2-8 mm e altos índices de estabilidade de agregados. Já nos Bw, há uma distribuição regular entre as peneiras, porém, com aumento crescente da quantidade de agregados a partir da peneira de 1mm (Quadro 01) . Nos horizontes A foi observado a predominância de agregados de tamanho de 2-8 mm. Segundo Pedrotti et al. (2003) em um mesmo

solo, o horizonte A destaca-se pelos maiores valores de DMG e argila dispersa em água (ADA). Já o horizonte B apresenta maiores valores de diâmetro ponderado (DP) e índice de floculação (IF). Essas diferenças segundo os autores estão associadas aos diferentes teores de matéria orgânica nesses horizontes.

PERFIL	Horizonte	ARGILA	SILTE	AREIA	GD	GF	Δ pH	DMP	DM G	IEA
		-----g. Kg ⁻¹ -----			-----%-----					-----%-----
VRO										
P1 Gleissolo Háplico	A1	830	120	50	86.75	13.25	-1.00	-	-	-
	A3	870	100	30	96.5	3.5	-1.28	-	-	-
	Bg1	740	130	130	100	0	-1.94	-	-	-
	Bg2	705	100	195	100	0	-1.63	-	-	-
	Bg3	800	110	90	98.75	1.25	-1.75	-	-	-
P2 Neossolo Regolítico	A1	600	170	230	83	17	-1.05	3.44	1.39	76.68
	Ap	600	145	255	100	0	-1.26	2.8	7.71	83.07
P3 Neossolo Regolítico	CA	**-	-	-	-	-	-1.46			
	Ap	700	120	180	87.85	12.15	-0.93	1.74	2.9	78.27
P4 Cambissolo Háplico	A3	765	190	45	89.54	10.46	-0.59	5.15	6.96	91.77
	[B]	810	80	110	88.5	11.5	-0.82	3.59	2.26	92.33
	BC	885	80	35	84.18	15.82	-0.9	3.3	8.12	90.82
P5 Nitossolo Vermelho	Ap	720	165	115	87.5	13.5	-0.8	3.28	5.47	72.98
	*Bt1	820	65	115	0	100	-0.61	2.5	1.15	81.8
	Bt2	790	75	135	0	100	-0.64	3.74	2.87	85.7
	Bw1	875	60	65	3	97	-0.8	3.41	5.9	75.88
	Bw2	795	135	70	0	100	-0.29	3.96	1.13	69.01
P6 Nitossolo Vermelho	Bw3	800	45	155	0	100	-0.24	3.25	3.41	66.5
	Ap	520	125	355	93	7	-0.54	1.57	7.05	46.48
	Bt1	660	110	230	92	8	-0.47	3.8	9.59	87.55
	Bt2	810	60	130	2	98	-0.75	3.43	3.1	86.76
	Bt3	760	55	160	0	100	-0.81	2.77	7.66	73.33
P7 Nitossolo Vermelho	Bw1	755	60	185	0	100	-0.27	3.25	1.45	42.35
	Bw2	705	125	170	1.42	98.58	-0.47	1.96	1.39	55.84
	Ap	555	50	395	97.3	2.7	-0.51	2.53	1.21	67.77
	Bt1	670	100	230	92.54	7.46	-0.47	3.55	1.45	88.69
	Bt2	765	85	150	3.27	96.73	-0.46	3.20	2.85	75.30
P8 Nitossolo Vermelho	Bw1	710	90	200	0	100	-0.27	3.05	1.42	65.53
	Bw2	695	75	230	0.5	95.5	-0.24	0.97	1.53	42.41
	Bw3	690	75	235	0	100	-0.17	1.11	7.93	41.21
P8 Nitossolo Vermelho	Ap	730	30	240	89.04	10.96	-0.87	5.88	2.41	84.03
	Ba	685	85	230	97.81	2.19	-0.86	7.18	5.34	89.9
	Bt1	775	135	90	0	100	-0.23	5.42	3.02	89.31
	Bt2	795	70	135	0	100	-0.24	2.85	4.6	76.01
	Bw1	710	60	230	0	100	-0.29	0.63	1.78	44.43
Bw2	795	40	165	0	100	-0.24	0.75	4.75	39.07	

PERFIL	Horizonte	ARGILA	SILTE	AREIA	GD	GF	Δ pH	DMP	DM G	IEA
		-----g. Kg ⁻¹ -----			-----%-----					-----%-----
VSO										
P1 Nitossolo Vermelho	Ap	805	120	75	91.92	8.08	-0.49	7.77	3.95	92.22
	Bt1	910	60	30	91.21	8.79	-0.77	4.27	4.18	94.08
	Bt2	905	50	45	44.2	55.8	-0.83	3.02	1.98	89.95
P2 Nitossolo Vermelho	Ap	820	120	60	94.51	5.49	-0.53	3.47	5.09	66.36
	Bt1	915	50	35	0	100	-0.35	4.63	5.86	87.15
	Bt2	910	50	40	0,55	99,45	-0.71	4.71	4.31	77.2
	Bw1	925	40	35	0	100	-0.25	4.27	7.9	60.76
	Bw2	915	50	35	0	100	-0.1	1.73	1.62	47.33
P3 Nitossolo Vermelho	Ap	790	110	100	99.4	0.6	-0.77	3.17	6.29	77.42
	Bt1	870	80	50	0	100	0.53	6.01	1.59	92.14
	Bt2	865	110	25	0	100	-0.36	3.61	6.91	76.63
	Bw1	860	85	55	0	100	-0.66	1.03	0.21	46.48
	Bw2	865	110	25	0	100	-0.69	1.01	0.68	45.31
VSO										
P4 Nitossolo Vermelho	Ap	755	120	125	96	4	-0.61	5.01	1.25	83.96
	Bt1	840	65	95	1.2	98.8	-0.45	4.62	6.09	89.39
	Bt2	890	70	40	0	100	-0.22	5.36	2.55	83.4
	Bw1	890	75	35	0	100	-0.07	7.43	2.02	83.43
	Bw2	880	85	35	0	100	0.02	2.02	3.08	54.82
	Bw3	880	70	50	0	100	0.07	2.61	2.38	56.64
P5 Nitossolo Vermelho	Ap	810	50	140	9.4	90.6	-0.5	6.24	7.14	87.42
	Ab	795	55	150	100	0	-0.98	3.66	4.22	83.2
	Bt1	800	50	150	6.8	93.2	-0.32	8.06	2.33	94.98
	Bt2	790	35	175	0	100	-0.22	4.81	1.61	84.73
	Bw1	880	35	85	0	100	-0.1	1.84	2.64	58.42

* B nítico diagnóstico

** Não analisado

Quadro 1 – Atributos físicos dos horizontes dos solos nas duas topossequências (VRO e VSO) na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, município de Alvorada do sul

A presença do horizonte Bt na maioria dos solos estudados apresenta-se como um fator favorável à retenção e disponibilidade de água, pois esse horizonte embora possua um menor índice de infiltração, retém e mantém uma maior quantidade de água por um maior período (IBGE, 2007). No caso dos Bw, estes possuem uma grande capacidade de infiltração, a qual seria favorável para a conservação de solos, no entanto, em períodos de veranico, comuns na região, o estresse hídrico às culturas seria maior em relação aos Bt.

Nas análises químicas dos horizontes da VRO (Quadro 2) pode ser destacado alguns pontos com relação às bases. Nos solos rasos (Gleissolo,

Neossolos e Cambissolo) há altos valores de capacidade de troca de cátions (CTC), Ca e Mg, sendo estes maiores que os demais perfis. Esse fato é devido ao material de origem, mineralogia e por se tratarem de solos jovens sem lixiviação de bases.

Quanto à mineralogia, Ryan e Huertas (2009), descrevem uma evolução temporal das argilas na topossequência, e relatam que mesmo em clima tropical ocorrem formas de argilas mais reativas explicando o fato de alta concentração de bases e alta CTC. No entanto, este não deve ser o único motivo.

O material de origem observado nesses locais é um pouco distinto dos demais; consiste em uma forma amgdaloidal e vesicular de basalto (Quadro 2). As amígdalas com carbonato de Ca e Mg fornecem grande quantidade desses elementos quando do seu intemperismo, aumentando a quantidade desses elementos no solo. Embora, o basalto contribui com bases quando do seu intemperismo, como mencionam Escosteguy e Klamt (1998), a forma de basalto mais rica encontrada nesses locais aumenta a quantidade desses elementos no solo formado.

PERFIL	DECLIVE (%)	ALTITUDE (m)	USO	VEGETAÇÃO	ROCHA
VRO					
*P1	2	463	preservação permanente	mata estágio intermediário	basalto vesicular e mat. coluvial
P2	20	470	reserva legal	mata estágio intermediário	basalto vesicular e amigdaloidal
P3	4	492	agricultura	culturas anuais	basalto vesicular e amigdaloidal
P4	15	513	agricultura	culturas anuais	basalto vesicular e amigdaloidal
P5	4	532	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P6	5	542	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P7	2	548	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P8	5	538	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
VSO					
P1	10	472	pecuária	pastagem plantada	basalto fanerítico
P2	8	488	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P3	6	513	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico
P4	5	525	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito
P5	2	530	agricultura	culturas anuais	basalto fanerítico e arenito

Quadro 2 – Declive, altitude, uso, vegetação e material de origem dos perfis analisados (VRO e VSO) na área no município de Alvorada do Sul – PR.

Na figura 1 é possível observar as formas de relevo e a posição dos perfis analisados. Na VRO em seu segmento inferior com relevo mais ondulado ocorrem solos rasos e com diferenças químicas e físicas dos solos do seguimento posterior e os solos da VSO. Assim, pode-se estabelecer uma relação entre posição do solo na vertente, relevo e influência de variações do material de origem.

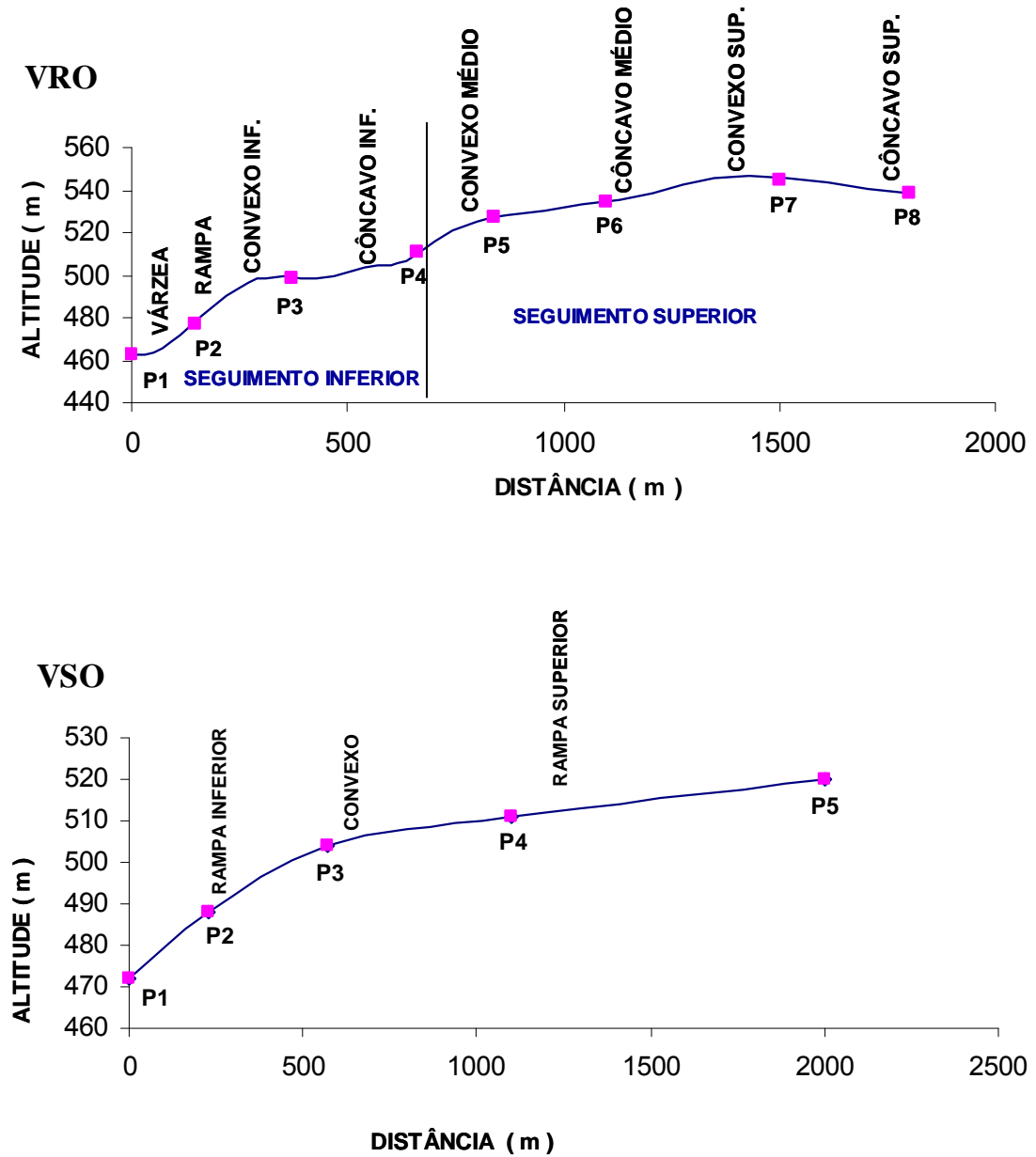


Figura 1 – Desenho esquemático da VRO e VSO com indicação das formas de relevo, altitude e disposição dos perfis.

PERFIL	Horizonte	pH CaCl ₂	-----cmol _c .dm ⁻³ -----					K	P	C	CTC	SB	V
			Al	Al+ H	Ca	Mg							
VRO													
P1	A1	4.91	0.04	5.76	26	9.5	1.186	2.82	37.63	42.45	36.69	86.43	
	A3	4.02	0.09	9	19.7	11.2	0.213	1.76	13.94	40.11	31.11	77.56	
	Bg1	4.18	0.75	4.28	27.5	18.6	0.306	0.96	16.73	50.69	46.41	91.56	
	Bg2	5.02	0.04	4.61	21.6	13.5	0.213	2.20	6.97	39.92	35.31	88.45	
	Bg3	5.75	0.03	3.68	28.9	13.6	0.193	2.07	9.76	46.37	42.69	92.06	
P2	A1	5.83	0.00	3.42	24.6	8.7	1.432	37.52	87.81	38.15	34.73	91.04	
P3	Ap	5.68	0.00	3.68	38.4	9.9	0.777	53.03	51.57	52.76	49.08	93.02	
	CA	5.75	0.02	2.95	43.4	8.8	0.121	87.59	12.54	55.27	52.32	94.66	
P4	Ap	5.69	0.00	3.97	21.9	2.9	0.572	33.30	64.11	29.34	25.37	86.47	
	A3	5.85	0.00	3.18	19.6	2.2	0.429	2.20	25.09	25.41	22.23	87.48	
	[B]	6.01	0.00	2.74	17.3	2.7	0.367	2.01	18.12	23.11	20.37	88.14	
	Bc	6.31	0.00	2.54	16.5	2.1	0.306	3.68	13.94	21.45	18.91	88.16	
P5	Ap	4.81	0.07	5.35	7.9	3.1	0.193	5.98	27.88	16.54	11.19	67.66	
	*Bt1	5.15	0.03	3.18	8.00	1.9	0.008	2.07	2.79	13.09	9.91	75.70	
	Bt2	5.18	0.00	3.42	8.30	1.2	0.002	2.69	5.58	12.92	9.50	73.53	
	Bw1	5.17	0.03	2.95	6.60	1.5	0.029	3.37	29.27	11.08	8.13	73.37	
	Bw2	4.99	0.09	3.42	6.40	1.7	0.049	2.57	2.79	11.57	8.15	70.44	
Bw3	5.4	0.00	2.95	6.2	1.9	0.049	2.94	16.73	11.10	8.15	73.42		
P6	Ap	5.85	0.01	2.95	7.9	10.7	0.726	12.06	26.48	22.28	19.33	86.76	
	Bt1	5,76	0,28	3,68	6,9	1,3	0,388	1,01	11,70	12,27	8,59	70,00	
	Bt2	6.04	0.04	2.95	6.6	1.3	0.029	3.31	8.36	10.88	7.93	72.88	
	Bt3	6.18	0.08	2.36	6.6	1.1	0.018	4.24	13.94	10.08	7.72	76.58	
	Bw1	6,18	0,01	2,19	6,2	0,7	0,018	3,31	8,36	9,11	6,92	75,96	
	Bw2	6.23	0.00	2.19	4.4	1.9	0.002	2.51	5.58	8.49	6.30	74.20	
P7	Ap	5.14	0.06	3.97	5.9	2.7	0.357	8.09	29.27	12.93	8.96	69.29	
	Bt1	5,7	0,05	2,74	6,9	1,8	0,049	2,20	9,76	11,49	8,75	76,15	
	Bt2	5.7	0.03	2.74	5.7	1.5	0.008	2.63	6.97	9.95	7.21	72.46	
	Bw1	5.2	0.02	2.95	5.5	1	0.002	2.38	8.36	9.45	6.50	68.78	
	Bw2	5.48	0.02	2.74	4.4	1.2	0.049	1.70	5.58	8.39	5.65	67.34	
Bw3	5.17	0.03	2.74	2.9	2	0.008	3.25	2.79	7.65	4.91	64.17		
P8	Ap	5.58	0.04	3.42	7.2	2.1	0.747	4.62	27.88	13.47	10.05	74.60	
	BA	5.4	0.00	3.18	7.2	1	0.562	2.94	19.51	11.94	8.76	73.37	
	Bt1	5.66	0.00	2.74	6	1.5	0.265	2.88	8.36	10.50	7.76	73.92	
	Bt2	5.4	0.00	3,18	4,6	2,7	0,193	2,51	2,79	10,67	7,49	70,20	
	Bw1	4.5	0.13	3.42	4	0.1	0.111	1.82	4.18	7.63	4.21	55.18	
Bw2	4.55	0.25	3.42	1.5	1.6	0.080	2.07	4.18	6.60	3.18	48.18		

PERFIL	Horizonte	pH CaCl ₂	Al	Al+ H	Ca	Mg	K	P	C	CTC	SB	V
			-----cmol _c .dm ⁻³ -----					mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	---cmol _c . dm ⁻³ ---		%
VSO												
P1	Ap	5.72	0.00	3.68	20.1	3.6	0.931	7.10	36.24	28.31	24.63	87.00
	Bt1	5.68	0.00	2.95	12.9	2.8	0.501	3.37	16.73	19.15	16.20	84.60
	Bt2	5.54	0.06	2.95	9.5	2.4	0.521	5.55	8.36	15.37	12.42	80.81
P2	Ap	5.08	0.17	4.96	8.4	4.4	0.275	8.59	33.45	18.03	13.07	72.50
	Bt1	5.13	0.14	3.97	9	1.5	0.039	3.62	12.54	14.51	10.54	72.64
	Bt2	5.44	0.00	3.18	8.1	1.7	0.029	3.62	8.36	13.01	9.83	75.55
	Bw1	5.15	0.07	3.42	6.2	1.5	0.008	2.26	4.18	11.13	7.71	69.27
	Bw2	4.46	0.34	4.28	2.8	2.6	0.008	1.64	2.79	9.69	5.41	55.82
P3	Ap	4.95	0.24	6.21	5.1	2.5	0.685	11.57	27.30	14.50	8.29	57.16
	Bt1	4.26	1.39	8.36	3.3	1.8	0.111	0.82	9.10	13.57	5.21	38.40
	Bt2	4.85	0.17	4.96	4.6	1.3	0.018	1.32	6.50	10.88	5.92	54.41
	Bw1	4.35	0.97	6.69	2.4	1.5	0.018	0.39	5.20	10.61	3.92	36.94
	Bw2	4.25	1.24	7.2	1.1	0.8	0.049	0.45	5.20	9.15	1.95	21.30
P4	Ap	4.48	0.18	6.69	6	2.8	0.716	11.39	27.30	16.21	9.52	58.72
	Bt1	4.98	0.12	5.35	5.5	1.5	0.336	0.26	13.00	12.69	7.34	57.83
	Bt2	4.87	0.25	4.61	4.2	1.8	0.029	1.63	6.50	10.64	6.03	56.67
	Bw1	4.92	0.11	4.28	3.9	2.1	0.080	1.75	5.20	10.36	6.08	58.69
	Bw2	5.01	0.05	3.97	2.9	2	0.018	0.32	3.90	8.89	4.92	55.34
	Bw3	5.08	0.45	3.97	1.9	2.7	0.002	0.01	2.60	8.57	4.60	53.66
P5	Ap	5.25	0.21	4.61	4.3	1.6	0.716	18.28	14.30	11.23	6.62	58.93
	AB	5.01	0.15	4.96	3.4	1.5	0.613	5.98	18.20	10.47	5.51	52.64
	Bt1	4.63	0.55	5.76	2.6	1.5	0.254	1.07	16.90	10.11	4.35	43.05
	Bt2	4.62	0.38	5.76	2.6	1	0.265	1.44	13.00	9.62	3.86	40.15
	Bw1	4.51	0.33	4.96	1.4	0.9	0.336	0.32	9.10	7.60	2.64	34.71

*Bt1: B nítico diagnóstico

Quadro 3 – Atributos químicos dos horizontes dos solos analisados nas duas topossequências (VRO e VSO) na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, Município d Alvorada do Sul.

Do ponto de vista químico, os solos jovens da parte inferior da VRO são altamente férteis com altos teores de macronutrientes (P, Ca, Mg, K) e baixos teores de Al, no entanto, com limitações físicas como profundidade e drenagem. Além disso apresentam suscetibilidade a erosão nos pontos com declive acentuado. Já os solos da parte superior da vertente apresentam teores de bases menor, e conseqüentemente menor CTC com teor de Al pouco maior, tal como observado no perfil 3 da VSO nos horizontes Bw1 e Bw2.

Os solos localizados nas partes mais planas (seguimento superior da VRO e todos os da VSO) são mais desenvolvidos e apresentam-se mais

profundos. Aliado ao tipo de rocha mais pobre em Ca e Mg e com maior lixiviação, esses solos são mais intemperizados e estão em um processo de perda de cátions e conseqüente aumento dos teores de Al. No entanto, não é observado de forma tão pronunciada como em solos cauliniticos altamente intemperizados. Em alguns perfis (P3, P4 e P5; VSO), tal fato já pode refletir de forma moderada na fertilidade do solo e produção das culturas.

4.4.2 Análises de Correlações entre os Atributos Químicos e Físicos

A ACP realizada sobre o conjunto de dados físicos e químicos dos solos da VRO revelou que os dois primeiros eixos explicaram 57 % da variabilidade total dos dados, sendo 40 % (E1) e 17 % (E2) (Figura 2). Observa-se em uma primeira análise, grande distribuição espacial no gráfico dos autovetores ocorrendo pequenas concentrações dos autovetores representando os atributos.

Com exceção do Al e do pH CaCl₂, todos os atributos químicos avaliados influenciaram a formação do eixo 1, ficando nos quadrantes negativos. Já para os atributos físicos, não foi verificada uma tendência clara, pois os atributos GD, Ds, GF, GF e Dp influenciaram a formação do eixo 1. enquanto areia, argila, DMG, DMP, IEA, macroporosidade e microporosidade influenciaram a formação do eixo 2.

Os atributos relacionados à estabilidade de agregados (DMP, DMG e IEA) apresentam autovetores muito próximos o que indica que estes três parâmetros estão refletindo a estabilidade do solo em um mesmo sentido, não havendo contradição entre ambos.

Há atributos onde há uma relação conhecida, tal como GD em oposto ao GF, porém, os autovetores de GF e ΔpH (DpH) embora formam o eixo 1 não estão próximos. O que corrobora com as observações dos resultados observados no Quadro 1. Assim nos solos da VRO o DpH, influenciado pelos resultados dos perfis de solos pouco evoluídos (P1-P4) não é tão representativo na compreensão da agregação e floculação do solo. Já as relações esperadas entre areia e argila; macroporos, areia e microporosidade podem ser observadas.

Os autovetores relacionados à agregação do solo não estão em um mesmo eixo, o que também corrobora com o fato de que as relações de agregação nos solos dessa vertente são distintos, principalmente em seu segmento inferior.

Nas variáveis oriundas da análise química do solo foi observada certa separação no gráfico entre os elementos básicos e ácidos, no entanto, não de forma tão clara como observado por Eberhardt et al. (2008). As bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), V e SB formam o eixo 1 enquanto o Al e pH CaCl se encontram no eixo 2. A relação entre Al e Ca não é evidente como esperado e como observado por Vendrame et al. (2007), não apresentam relação oposta evidente. Desta forma, nos perfis de solos dessa vertente (VRO) o Al não está intimamente ligado ao teor de Ca. Essa relação não se apresenta clara na vertente devido à alta concentração do elemento, principalmente nos primeiros perfis, o que influenciaria na relação.

Como a VRO apresenta solos distintos tanto em características quanto em evolução, isso pode ter influenciado nas relações entre os atributos ou na representatividade entre elas.

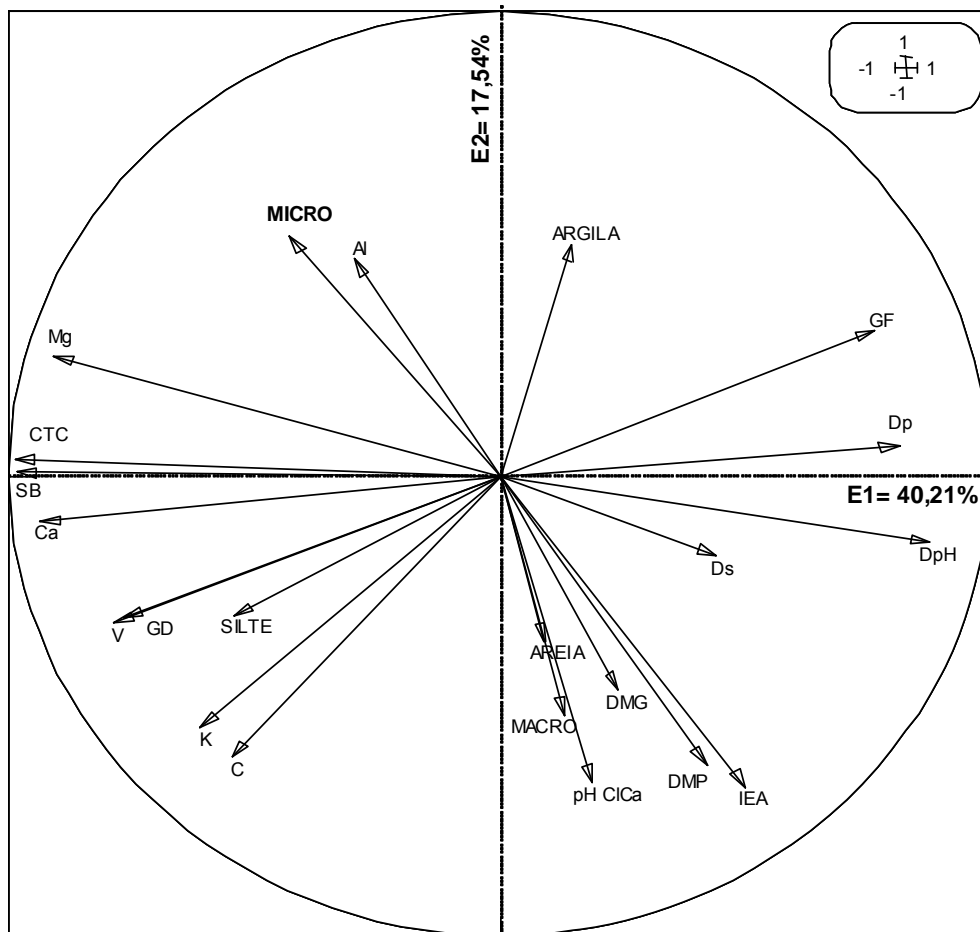


Figura 2 – Circulo de correlações entre os atributos químicos e físicos avaliados na VRO, na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, no município de Alvorada do Sul, PR

No círculo de correlações com os dados da VSO, observou que a maioria dos autovetores representando os atributos se concentram no setor negativo do eixo 2, ficando apenas o autovetor representando o Al no primeiro quadrante. A maioria dos autovetores se concentraram nos quadrantes 3 e 4, no lado negativo do eixo 2.

Nas variáveis oriundas da análise química do solo foi observada certa separação no gráfico entre os elementos básicos e ácidos, e o Al. De forma evidente e já conhecida (EBERHARDT et al., 2008; VENDRAME et al., 2007) a relação entre Ca e Al.

Assim como se o esperado e de acordo com o observado por Vendrame et al. (2010) Ca e Al apresentam relação oposta evidente segundo seus autovetores. Os autovetores representando os atributos químicos se concentram próximos, direcionando em um mesmo sentido a condição química do solo.

Quanto aos atributos físicos, observa-se relação de semelhança entre floculação do solo e DpH e relação oposta ao GD, tal como a relação observa por Albuquerque et al. (2000) em trabalho com reação do solo e dispersão.

Os atributos relacionados à agregação do solo participam da formação do eixo 2, o que confirma a relação entre todos os parâmetros avaliados e a agregação. Os atributos relacionados à estabilidade de agregados (DMP, DMG e IEA) apresentam autovetores muito próximos o que indica que estes três parâmetros estão refletindo a estabilidade do solo em um mesmo sentido, não sendo conflitantes sobre a mesma característica. As relações em que GD está oposto a GF, micro oposto a areia e macroporos.

Pode ser observado o Al se encontra próximo e com autovetor no mesmo sentido o GF, com já se sabe, este elemento está envolvido na agregação do solo. As bases com efeito contrário à floculação do solo, principalmente quando essas tendem ao desequilíbrio.

Como os perfis da VSO são mais desenvolvidos e com solos parecidos (Nitossolos), o comportamento de seus atributos apresentarem relações mais claras.

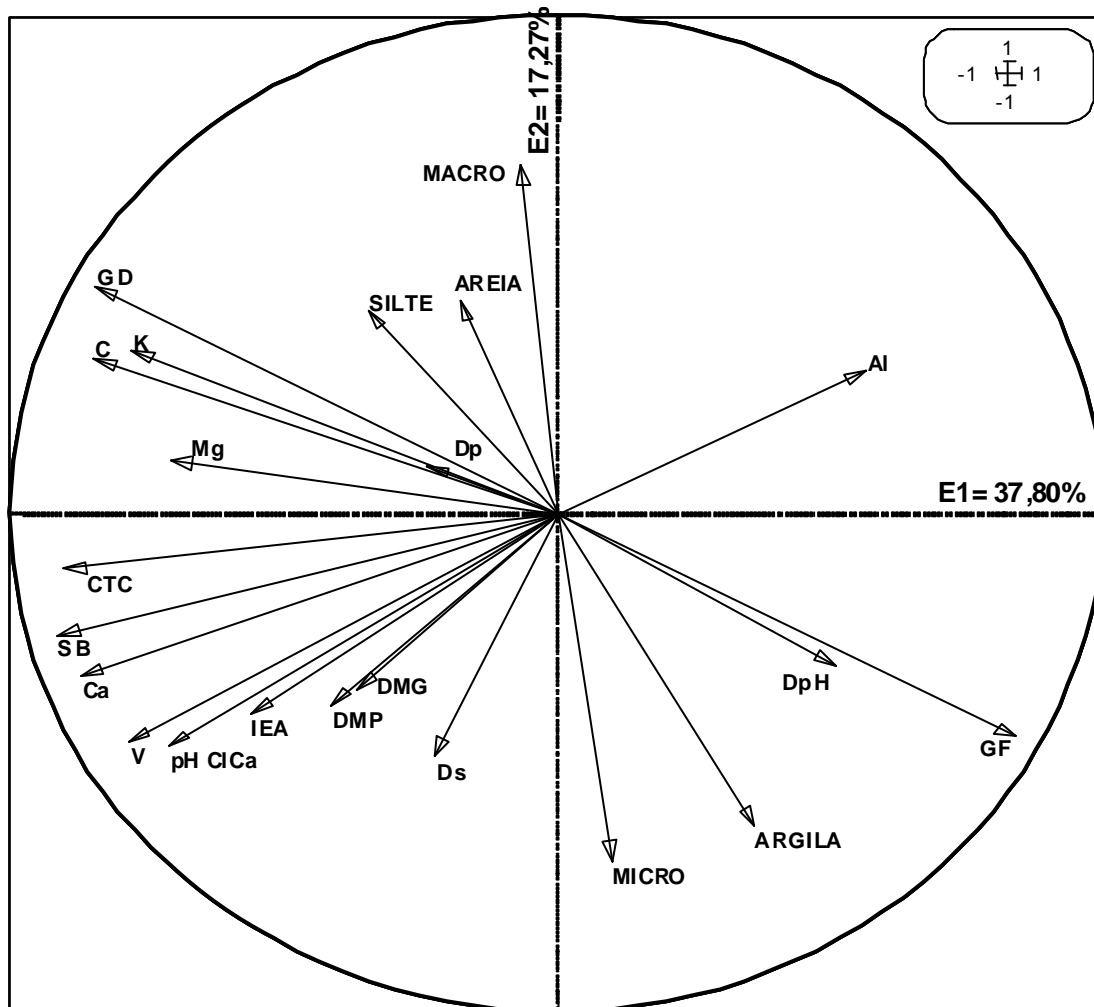


Figura 2 – Circulo de correlações entre os atributos químicos e físicos avaliados na VRO, na área localizada ao lado da Rodovia PR-090, no município de Alvorada do Sul, PR

4.5 CONCLUSÕES

- 1- Material de origem, relevo e posição do perfil na toposequência influenciam os atributos químicos e físicos do solo, bem como as relações entre esses atributos.
- 2- As diferenciações no basalto influenciaram os atributos químicos e físicos dos solos, sendo principalmente com relação a agregação e à quantidade de elementos minerais.
- 3- As relações observadas entre os atributos do solo são diferentes quando estes se apresentam com evolução diferenciada.

4.6 REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedades físicas e eletroquímicas de um latossolo bruno afetadas pela calagem. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 24, p. 295-300, 2000.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedade físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 26, p. 1065-1073, 2002.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Relação de atributos do solo com a agregação de um latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, p. 415-424, 2005.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Argila dispersa em água em amostras de solos tratadas com lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007.
- BARRETO, R. C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 132, p. 243–251, 2009.
- CAMPOS, M.C.C. et al. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 519-529, 2007.
- CENTURION, J. F. et al. Características de latossolos roxos desenvolvidos de rochas alcalinas e básicas de Jaboticabal, SP. **Ciência agrícola**, v. 52, p. 226-232, 1995.
- CLASSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
- EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 1009-1016, 2008.
- GOMES, J. B. V. et al. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 28, p. 137-153, 2004.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANA. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo.php>>. Acesso em 17 dez. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: editora, 2007.

- KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. IN: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis**: part 1, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965, 770 p.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001, 659 p.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba, Imprensa Oficial, 2002, 438p.
- MARSHLL, T. J.; HOLMES, J. **Soil physics**. London, University Press, 1979, 345p.
- MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J. E MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista brasileira de ciência do solo**. v. 30, p. 839-847, 2006.
- PEDROTTI, A. et al. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.27, p. 1-9, 2003.
- RASMUSSEN, C.; DAHLGREN, R. A.; SOUTHARD, R. J. Basalt weathering and pedogenesis across an environmental gradient in the southern Cascade Ranger, California, USA. **Geoderma**, v.19, 2009.
- RYAN, P. C.; HUERTAS, F. J. The temporal evolution of pedogenic Fe-smectite Fe-kaolin via interstratified kaolin-smectite in a moist tropical soil chronosequence. **Geoderma**, v. 151, p. 1–15, 2009.
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília, EMBRAPA, 2006. 306 p.
- SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.29, p. 1005-1014, 2005.
- SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1763-1771, 2004.
- TERAMOTO, E. R.; LEPSCH, I. F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solos, superfície geomorfológica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba-SP). **Scientia agricola**, v.58, n. 2, p. 361-371, 2001.
- THIOULOUSE, J. et al. **ADE-4**: a multivariate analysis and graphical display software.
- VENDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na região do cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 859-864, 2007.

VIDAL-TORRADO, P. et al. Gênese de solos derivados de rochas ultramáficas serpentizadas no sudoeste de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 30, p. 523-541, 2006.

VIDAL-TORRADO, P. et al. Evolução geoquímica e mineralógica em perfis de alteração sobre rochas serpentizadas no sudoeste de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1069-1083, 2007.

WOHLENBERG, E.V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 28, p. 891-900, 2004.

5 CONCLUSÕES GERAIS

1- O material de origem e o relevo tiveram influência na formação do solo, sendo que variações de um mesmo magma causam variações de solo e relevo. Cada alteração propicia características distintas do solo e conseqüentemente aptidões e limitações distintas.

2- Material de origem, relevo e posição do perfil na topossequência influenciam os atributos químicos e físicos do solo, bem como as relações entre esses atributos.

4- O material de origem tem influência não apenas na formação do solo, mas também no relevo derivado destes com reflexo sobre os processos erosivos e formação do solo.

5- Estrutura, cor e cerosidade, além de profundidade, foram os principais atributos morfológicos que contribuíram para a identificação e diferenciação dos solos.

6- Os solos mais rasos e férteis, conseqüentemente menos evoluídos, se encontram no seguimento da vertente com relevo mais ondulado e material de origem diferenciado. Já os mais evoluídos se encontram no seguimento superior das vertentes ou em regiões de relevo suave.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Propriedades físicas e eletroquímicas de um latossolo bruno afetadas pela calagem. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 24, p. 295-300, 2000.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedade físicas e químicas de solos incubados com resíduo alcalino da indústria de celulose. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.26, p. 1065-1073, 2002.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. Relação de atributos do solo com a agregação de um latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, p. 415-424, 2005.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Argila dispersa em água em amostras de solos tratadas com lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...**Gramado, 2007.
- BARRETO, R. C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 132, p. 243–251, 2009.
- BASTOS, R. S. et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.29, p. 21-31, 2005.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.31, p. 519-529, 2007.
- CANELLAS, L. P. et al. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 133-143, 2000.
- CENTURION, J. F. et al. Características de latossolos roxos desenvolvidos de rochas alcalinas e básicas de Jaboticabal, SP. **Ciência agrícola**, v. 52, p. 226-232, 1995.

CLASSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um latossolo vermelho-amarelo em Querência, MT. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 203-209, 2002.

DEMATTE, J. A. M.; CAMPOS, R. C.; ALVES, M. C. Avaliação espectral de solos desenvolvidos em uma toposequência de diabásio e folhelho da região de piracicava, SP. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 2447-2460, 2000.

DEMATTE, J. A. M.; DEMETRIO, V. A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas ácidas na região de Guarapuava (PR). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 20, p. 305-311, 1996.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 22, p. 11-20, 1998.

FREGONEZI, G. A. F. et al. Modificações morfológicas e físicas de um Latossolo argiloso sob pastagens. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 1017-1027, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: editora 2007.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. IN: BLACK, C. A. **Methodos of soil analysis**: part 1, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965, 770 p.

KUYUMJIAN, R. M.; ARAÚJO, J. O. Implicações genéticas das variações de alguns elementos-traço incompatíveis nos basaltos komatiíticos de Crixás, Goiás. **Revista brasileira de geociências**, São Paulo, v. 21, p. 301-304, 1991.

LACERDA, M. P. C. et al. Estudo da relação pedomorfogeológica na distribuição de solos com horizontes B textural e B nítico na paisagem de Lavras (MG). **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 271-284, 2008.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001, 659 p.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. São Paulo: Editora Nacional, 1987.

LIER, Q. J. V.; ALBUQUERQUE, J. A. Novo método para calcular o diâmetro médio de agregados de solos. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 21, p. 699-705, 1997.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba, Imprensa Oficial, 2002, 438p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Ceres, 1976.

MANIESI, V.; OLIVEIRA, M. A. F. Metabasitos com afinidades dos basaltos komatiíticos da região de Rio Branco do Sul/ PR. **Revista brasileira de geociências**, v. 32, p. 163-168, 2002.

MARSHLL, T. J.; HOLMES, J. **Soil physics**. London: University Press, 1979. 345p.

MCGAHAN, D. G.; SOUTHARD, R. J.; ZASOSKI, R. J. Mineralogical comparison of agriculturally acidified and naturally acidic soils. **Geoderma**, v. 114, p. 355– 368, 2003.

MELO, V. F. et al. Características do óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solo. R. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 19-32, 2001.

MELO, V. F. et al. A. Morfologia de agregados de latossolos bruno e vermelho do estado do Paraná , avaliada por imagens obtidas em scanner. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 85-99, 2008.

MENFI, A. J; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin: an introduction. In: PICCIRILLO, E. M; MELFI, A. J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico, 1988. p.1-13.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista brasileira de ciência do solo** v. 30, p. 839-847, 2006.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARD, P. L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, v. 54, p. 393-403, 1995.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006, 729p.

NASCIMENTO, R. S.; GORAYEB, P. S. S. Basaltos da suíte Parapuí, Gráben Jaibaras, noroeste do Ceará: caracterização, petrografia, geoquímica e química mineral. **Revista brasileira de geociências**, v. 34, p. 459-468, 2004.

NUNES, W. A. G. A. et al. Caracterização micropedológica de alguns solos da zona da mata mineira. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 24, p. 103-115, 2000.

PASSARIN, A. L. et al. Caracterização de agregados em um latossolo vermelho distroférico típico submetido a diferentes doses de vinhaça. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1255-1260, 2007.

PASSOS, R. R. et al. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1119-1129, 2007.

PEDROTTI, A. et al. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 27, p. 1-9, 2003.

PINTO, L. F. S.; KÄMPF, N. Balanço geoquímico de solos derivados de rochas básico-ultrabásicas no ambiente subtropical do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 21, p. 651-658, 1997.

PRIMAVESE. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1987, 549p.

RASMUSSEN, C.; DAHLGREN, R. A.; SOUTHARD, R. J. Basalt weathering and pedogenesis across an environmental gradient in the southern Cascade Range, California, USA. **Geoderma**, v. 19, 2009.

ROCHA-CAMPOS, A. C. Age of the Paraná flood volcanism. In: PICCIRILLO, E. M.; MELFI, A. J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico, 1988. p.25-45.

RYAN, P. C.; HUERTAS, F. J. The temporal evolution of pedogenic Fe-smectite Fe-kaolin via interstratified kaolin-smectite in a moist tropical soil chronosequence. **Geoderma**, v. 151, p. 1–15, 2009.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92 p.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, p. 669-678, 2002.

SILVA, A. C. et al. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequências de latossolos do sul de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1059-1068, 2007.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, p. 329-341, 1999.

SILVA, M. B. et al. Estudo de topossequência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 965-976, 2001.

SOARES, J. L. N.; ESPINDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 29, p. 1005-1014, 2005.

SOUZA JÚNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 32, p. 449-456, 2008.

SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do rio coruripe, estado de alagoas. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, p. 811-822, 2001.

SOUZA, Z. M. et al. Spatial variability of aggregate stability in latosols under sugarcane. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 33, p. 245-253, 2009.

TERAMOTO, E. R.; LEPSCH, I. F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solos, superfície geomorfológica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba-SP). **Scientia agricola**, v. 58, n. 2, p. 361-371, 2001.

THOMAZ, E. L. Aspectos geomorfopedológicos de uma vertente em área de basalto no município de guarapuava – PR. **MERCATOR**, v. 7:, p. 67-85, 2008.

YANG, Z. H. et al. Optimization of flocculation conditions for kaolin suspension using the composite flocculant of MBFGA1 and PAC by response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 4233–4239, 2009.

VENDRAME, P. R. S. et al. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na região do cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 859-864, 2007.

VIDAL-TORRADO, P. Gênese de solos derivados de rochas ultramáficas serpentizadas no sudoeste de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 30, p. 523-541, 2006.

VIDAL-TORRADO, P. Evolução geoquímica e mineralógica em perfis de alteração sobre rochas serpentizadas no sudoeste de Minas Gerais. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p. 1069-1083, 2007.

VIDAL-TORRADO, P. Pedogênese em uma seqüência latossolo-podzólico na borda de um platô na depressão periférica paulista. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, p. 909-921, 1999.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Relações material de origem / solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na depressão periférica paulista. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, p. 357-369, 1999.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ceres, 1975.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 28, p. 891-900, 2004.