

GISELE LEITE DE LIMA

CARACTERIZAÇÃO PEDOESTRATIGRÁFICA DE DEPÓSITOS DE ENCOSTA E DE VALE, LOCALIDADE DE CERRO DO TOURO, CAMPO ALEGRE, ESTADO DE SANTA CATARINA

Florianópolis
2005

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Gisele Leite de Lima

Caracterização Pedoestratigráfica de Depósitos de Encosta e de Vale, Localidade de
Cerro do Touro, Campo Alegre, Estado de Santa Catarina

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Conservação e Utilização dos Recursos Naturais

Florianópolis/SC, dezembro de 2005

Este trabalho é dedicado ao Prof. Reinaldo da Silva, *in memoriam*, que ensinou aos seus alunos, dentre outras coisas que o “difícil a gente tira de letra”. Minha gratidão e minha imensa saudade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Joita e Zacarias por sua dedicação, por seu carinho, por representarem para mim um lugar seguro. Aos meus irmãos Daniele e Marcos e em especial a meu querido irmão Jefferson, por sua cumplicidade desde o tempo das fraldas e cuja presença foi essencial neste último ano. À amiga Elaine por estar sempre disposta a ouvir e ajudar mesmo que isto significasse horas de sono a menos.

Ao Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira por sua orientação precisa em todas as etapas desta pesquisa, desde os trabalhos de campo até às discussões inspiradoras. Por seu encorajamento e por sua confiança.

A Prof. Dra. Gerusa Maria Duarte e ao Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda, membros da banca, pelas valiosas contribuições.

À minha querida tia Dora e aos queridos Camila, Guilherme e seu José pela carinhosa acolhida em sua casa em vários momentos durante esta etapa.

Ao Fernando por seu carinho e amizade ao longo destes anos, por seus ouvidos atentos e por suas observações sempre tão bem humoradas.

As amigas Ivete e Eugenia, companheiras durante este período, cujas presenças tornaram esta etapa mais agradável.

A amiga Marga pelas longas conversas, pela doce companhia nos rituais do sorvete, pelas boas risadas e é lógico, por me ajudar a desvendar os mistérios do Corel Draw.

A amiga Edna pelas frutíferas, e muitas vezes apaixonadas, discussões e é claro pelo delicioso bolo de cenoura.

Aos colegas do grupo de pesquisa Gláucia, Ney, Rafael e William pelo apoio efetivo nos trabalhos de campo, por compartilharem projetos e por criarem uma atmosfera tão agradável de trabalho. E a Renata (recém-chegada) por sua valiosa ajuda na minha tentativa de entender o CAD.

A amiga Elizabete por seu constante encorajamento, por estar sempre disposta a me ajudar tornar meu texto mais claro.

Aos amigos que ganhei neste período: Fernanda, Miguel (*in memoriam*) e Ayres por nossas inspiradoras sessões de cinema.

A Profa. Dra. Ângela da Veiga Beltrame, coordenadora do Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências da UFSC, pela autorização para uso do laboratório, para a realização das análises granulométricas.

Ao Prof. Dr. Darci Trebien, coordenador do Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecido Vegetal do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, pela autorização para uso do laboratório, para determinação dos teores de carbono orgânico. Ao técnico Francisco Vetúlio Wagner por ter me ensinado a fazer este ensaio e pelas valiosas discussões sobre os resultados. Ao Luiz Augustinho da Silva por sempre me dar a impressão de que a pilha de vidraria para lavar era sempre menor.

A Profa. Dra. Maria da Graça Nascimento, coordenadora do Laboratório de Biocatálise do Departamento de Química da UFSC, pela autorização para uso do laboratório, para as análises de determinação de matéria orgânica. Ao amigo Damiani, por sua ajuda nas exaustivas observações de laboratório deste ensaio. Agradeço também pelas valiosas discussões sobre certas reações químicas.

Ao Prof. Dr. Antônio Uberti por sua disposição (e paciência) em esclarecer minhas dúvidas sobre pedologia.

Ao Jean Wagner Brasil, pela realização do levantamento planialtimétrico e posterior adaptação para a utilização neste trabalho, por sua disposição em esclarecer dúvidas.

Aos colegas e à direção da E.E.B. Anísio Vicente Freitas pela disposição em alterarem seus horários para que eu pudesse realizar os trabalhos de campo ou dispor de mais tempo, especialmente na etapa final do trabalho.

A CAPES pela concessão de 10 meses de bolsa de estudo.

Ao PPGG da UFSC pelo apoio a esta pesquisa no que se refere ao financiamento parcial das datações absolutas e análises químicas e pelo auxílio que possibilitou a divulgação da pesquisa em encontros científicos.

RESUMO

A localidade de Cerro do Touro, sul do município de Campo Alegre, extremo norte do estado de Santa Catarina, está inserida em área de cabeceira de vale. A área consiste de vale tributário bastante dissecado, com canal de primeira ordem, escalonado em compartimento topográfico de origem estrutural, que criou nível de base local, a montante do qual o vale foi entulhado por aluviões. A montante deste vale de primeira ordem, as cabeceiras se estendem até setores topograficamente elevados das colinas que delimitam a bacia. Os estudos na área iniciaram-se em 1997, nos setores de encosta, próximos aos divisores de água, sendo abordados no contexto das cabeceiras de vale: áreas nas quais haveria a possibilidade de se encontrar registros quaternários passíveis de interpretação paleoambiental. As áreas de cabeceira de vale além de auxiliarem a caracterização paleoambiental, através de seqüências deposicionais preservadas, possibilitam a observação dos principais processos hidrológicos relacionados à formação de fluxos de água passíveis de contribuir para o escoamento canalizado. Desta forma, este trabalho teve como objetivo principal, a expansão da pesquisa para o ambiente fluvial com a finalidade de: definir a dinâmica dos processos de articulação entre cabeceira de vale e calha fluvial na localidade do Cerro do Touro nos últimos 20.000 anos, pelo menos, oferecendo subsídios para a compreensão da influência das mudanças climáticas globais sobre as mudanças ambientais locais. Para alcançar o objetivo proposto foram levantadas seções estratigráficas nas áreas de encosta e na área do terraço aluvial. Amostras das unidades individualizadas nestas seções foram submetidas a análises mecânicas e químicas e amostras selecionadas foram submetidas à análise de datação absoluta. Por tratar-se de vale bastante dissecado, não foram identificados na área depósitos preservados nas proximidades da cabeceira do canal de primeira ordem. Conseqüentemente, a área não contém registro que possibilite avaliar diretamente a dinâmica deposicional neste setor específico de transição entre encostas e vales, característico do ambiente de cabeceiras de vale. Desta forma, sendo a definição da dinâmica dos processos de articulação entre cabeceira de vale e calha fluvial na localidade do Cerro do Touro o principal objetivo deste trabalho, optou-se por abordar o problema de acordo com plano de pesquisa segundo o qual a interpretação das seqüências deposicionais de encosta é cotejada com a interpretação da seqüência de vale. Sendo a eventual articulação deduzida dos resultados globais obtidos.

ABSTRACT

The locality of Cerro do Touro, in the south of the town of Campo Alegre, northern extreme of the state of Santa Catarina, is located in a channel head area. The area consists of a highly dissected tributary valley, with a first-order channel, disposed in topographical compartment of structural origin, which created a local base level, whose upstream has a lot of sedimentation. Upwards this first-order valley, the channel heads extend over topographically risen sectors of the hills which delimit the basin. The studies in the area were initiated in 1997, in hillside sectors, next to the watersheds, being broached in the context of the channel heads: areas where there would be the possibility of finding quaternary registers susceptible to paleoenvironmental interpretation. Besides contributing to the paleoenvironmental characterization through preserved depositional sequences, the channel head areas enable the observation of the main hydrological processes related to the formation of water flow which is able to contribute for the canalized drainage. Therefore, the main objective of this work was the extension of the research to the fluvial environment, with the following purpose: to define the dynamics of the articulation processes between channel head and fluvial gutter in the locality of Cerro do Touro in the last 20.000 years, at least, helping to improve the comprehension of the influence of the global climatic changes on the local environmental changes. To reach the considered objective, we analyzed stratigraphic sections on hillside areas and on the alluvial terrace area. Samples of individualized unities in this section have been submitted to mechanical and chemical analyses and selected samples have been submitted to the absolute dating analysis. As it is a highly dissected channel, preserved deposits have not been identified near the first-order channel head. As a consequence, the area does not contain a register which enables to evaluate directly the depositional dynamics in this specific transition sector from hillsides to valleys, characteristic of channel head environment. Therefore, as the definition of the dynamics of the interaction processes between channel head and fluvial gutter in the locality of Cerro do Touro was the main objective of this work, it has been decided to broach the problem in conformity with the research plan. According to it, the interpretation of depositional sequences of hillside is compared with the interpretation of the valley sequence. The eventual interaction will be based on the global results which are obtained.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS 1A e 1B Situação do município de Campo Alegre no estado de Santa Catarina (1A) e localização da área de estudo (1B)	05
FIGURA 2 Planta planialtimétrica da sub-bacia de primeira ordem	08
FIGURA 3 Evolução de incisões conectadas e desconectadas da rede de drenagem	13
FIGURA 4 Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por FLEMMING (2000)	21
FIGURA 5 Vista parcial da localidade de Cerro do Touro	28
FIGURA 6 Foto da Seção Estratigráfica Cabeceira Sudeste	29
FIGURA 7 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudeste	29
FIGURA 8 Gráfico de distribuição granulométrica para as amostras da Seção Cabeceira Sudeste	33
FIGURA 9 Diagrama de Flemming para Seção Cabeceira Sudeste	41
FIGURA 10 Gráfico comparação dos métodos para determinação do teor de matéria orgânica	43
FIGURA 11 Gráfico distribuição de matéria orgânica Seção Cabeceira Sudeste	47
FIGURA 12 Foto Seção Cabeceira Sudoeste	53
FIGURA 13 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudoeste	54
FIGURA 14 Gráfico de distribuição granulométrica Seção Cabeceira Sudoeste	63
FIGURA 15 Gráfico distribuição granulométrica unidade 2 Seção Cabeceira Sudoeste	64
FIGURA 16 Gráfico distribuição granulométrica unidade 13 Seção Cabeceira Sudoeste	65
FIGURA 17 Diagrama de Flemming para Seção Cabeceira Sudoeste	68
FIGURA 18 Gráfico distribuição de matéria orgânica Seção Cabeceira Sudoeste	70
FIGURA 19 Vista parcial do terraço aluvial	78
FIGURA 20 Foto nível de base local	79

FIGURA 21 Seção Estratigráfica Vale Nordeste	80
FIGURA 22 Gráfico de distribuição granulométrica Seção Vale Nordeste	92
FIGURA 23 Diagrama de Flemming para Seção Vale Nordeste 1	96
FIGURA 24 Diagrama de Flemming para Seção Vale Nordeste 2	97
FIGURA 25 Gráfico distribuição de matéria orgânica Seção Vale Nordeste	100
FIGURA 26 Figura de detalhe mostrando deformação do paleossolo, referente à unidade 13, pela deposição da camada coluvial referente à unidade 14	113
FIGURA 27 Figura de detalhe mostrando depósito de canal (Foto 1) e depósitos de diques marginais (Fotos 2 e 3)	118
FIGURA 28 Comparação das idades do registro estratigráfico da área de estudos com os Estágios Isotópicos Marinhos calibrados para os últimos 150.000 anos	123

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Tipos de sedimentos e classes texturais contidas no diagrama triangular para a classificação textural proposta por Flemming.	21
QUADRO 2 Características morfológicas Seção Cabeceira Sudeste	30
QUADRO 3 Dados granulométricos Seção Cabeceira Sudeste	34
QUADRO 4 Dados matéria orgânica Seção Cabeceira Sudeste	45
QUADRO 5 Características dos paleossolos Seção Cabeceira Sudeste	49
QUADRO 6 Características morfológicas Seção Cabeceira Sudoeste	57
QUADRO 7 Dados granulométricos Seção Cabeceira Sudoeste	60
QUADRO 8 Dados matéria orgânica Seção Cabeceira Sudoeste	69
QUADRO 9 Características dos paleossolos Seção Cabeceira Sudoeste	72
QUADRO 10 Características morfológicas Seção Vale Nordeste	82
QUADRO 11 Dados granulométricos Seção Vale Nordeste	87
QUADRO 12 Dados matéria orgânica Seção Vale Nordeste	99
QUADRO 13 Características dos paleossolos Seção Vale Nordeste	103
QUADRO 14 Datações absolutas Seção Vale Nordeste	104

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	04
3. REGISTRO QUATERNÁRIO E CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL	09
3.1 Mudanças Climáticas Globais	09
3.2 Cabeceiras de Vale e Mudanças Globais	11
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
4.1 Levantamento Estratigráfico	16
4.2 Características Físicas dos Materiais	18
4.3 Análise Granulométrica	19
4.4 Análise Química	22
4.4.1 Determinação do Teor de Matéria Orgânica	22
4.4.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A	25
4.5 Datações	25
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	27
5.1 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudeste	27
5.1.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais	27
5.1.2 Análise Granulométrica	32
5.1.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming	40
5.1.3 Análise Química	42
5.1.3.1 Determinação Teor de Matéria Orgânica	42
5.1.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A	47
5.1.4 Datações	50
5.1.5 Balanço Parcial	50
5.2 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudoeste	53
5.2.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais	53
5.2.2 Análise Granulométrica	59

5.2.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming	66
5.2.3 Análise Química	68
5.2.3.1 Determinação Teor de Matéria Orgânica	68
5.2.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A	71
5.2.4 Datações	74
5.2.5 Balanço Parcial	75
5.3 Seção Estratigráfica Vale Nordeste	77
5.3.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais	77
5.3.2 Análise Granulométrica	86
5.3.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming	95
5.3.3 Análise química	98
5.3.3.1 Determinação do Teor de Matéria Orgânica	98
5.3.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A	101
5.3.4 Datações	104
5.3.5 Balanço Parcial	105
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	107
6.1 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudeste	107
6.2 Seção Estratigráfica Cabeceira Sudoeste	110
6.3 Seção Estratigráfica Vale Nordeste	114
6.4 Correlação Entre os Eventos Registrados nas Três Seções Estratigráficas	119
6.5 Caracterização Paleoambiental	122
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
8. BIBLIOGRAFIA	128

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas ocorridas no Quaternário foram responsáveis por alterações nas taxas de pedogênese e morfogênese, nos regimes fluviais e na distribuição da fauna e da flora (MOURA,1998). Estas mudanças podem ser estudadas através do registro estratigráfico, produzido e preservado durante o período. No entanto, nas áreas continentais estes registros, além de raros, são caracterizados por sua baixa resolução. A partir da década de 1990 setores específicos das bacias hidrográficas ganharam importância no meio acadêmico por representarem áreas nas quais haveria elevada possibilidade de geração e preservação de registro quaternário (DIETRICH & DUNNE, 1993), sendo úteis, portanto, para a reconstrução da história erosiva e deposicional associada à evolução da paisagem durante o Quaternário.

A localidade de Cerro do Touro, em torno da qual foram estudadas seções estratigráficas abordadas nesta dissertação, está situada no sul do município de Campo Alegre – SC, e é caracterizada por seqüências deposicionais desenvolvidas em ambiente de cabeceira de vale. A área do estudo consiste de vale tributário bastante dissecado, com canal de primeira ordem, escalonado em compartimento topográfico de origem estrutural, que criou nível de base local, a montante do qual o vale foi entulhado por aluviões. A montante deste vale de primeira ordem, as cabeceiras se estendem até setores topograficamente elevados das colinas que delimitam a bacia.

Os estudos na área iniciaram-se em 1997, nos setores de encosta, próximos aos divisores de água, sendo abordados no contexto das cabeceiras de vale: áreas nas quais haveria a possibilidade de se encontrar registros quaternários passíveis de interpretação paleoambiental. Os resultados preliminares (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA et. al., 2001c; LIMA, 2002) apontam para a ocorrência de estruturas

sedimentares bem preservadas e paleossolos que oferecem subsídios para a caracterização paleoambiental da área de estudo.

As áreas de cabeceira de vale além de auxiliarem a caracterização paleoambiental, através de seqüências deposicionais eventualmente preservadas, possibilitam a observação dos principais processos hidrológicos relacionados à formação de fluxos de água passíveis de contribuir para o escoamento canalizado (OLIVEIRA, 1999). Desta forma, este trabalho teve como objetivo principal, a expansão da pesquisa para o ambiente fluvial com a finalidade de:

- Definir a dinâmica dos processos de articulação entre cabeceira de vale e calha fluvial na localidade do Cerro do Touro nos últimos 20.000 anos, pelo menos, oferecendo subsídios para a compreensão da influência das mudanças climáticas globais sobre as mudanças ambientais locais.

Como o vale estudado é bastante dissecado, entalhando o substrato vulcanoclástico, as seqüências deposicionais identificadas se encontram, principalmente, a montante e a jusante da cabeceira do canal atual. Com efeito, não foram identificados na área de estudo depósitos preservados nas proximidades da cabeceira do canal de primeira ordem. Conseqüentemente, a área não contém registro que possibilite avaliar diretamente a dinâmica deposicional neste setor específico de transição entre encostas e vales, tão característico do ambiente de cabeceiras de vale. Desta forma, sendo a definição da dinâmica dos processos de articulação entre cabeceira de vale e calha fluvial na localidade do Cerro do Touro o principal objetivo deste trabalho, optou-se por abordar o problema de acordo com plano de pesquisa segundo o qual a interpretação das seqüências deposicionais de encosta é cotejada com a interpretação da seqüência de vale. Sendo a eventual articulação deduzida dos resultados globais obtidos.

O segundo capítulo da dissertação, após a introdução, apresenta a caracterização geral da área de estudo.

No capítulo três, serão apresentadas algumas considerações a respeito do

registro quaternário continental e sobre o papel das áreas de cabeceira de vale para a interpretação paleoambiental da paisagem.

O capítulo quatro foi dedicado à apresentação dos procedimentos metodológicos adotados para alcançar os objetivos propostos.

Os capítulos cinco e seis apresentam os resultados obtidos e sua discussão.

No último capítulo, dedicado às considerações finais, serão ressaltados os principais resultados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa assim como encaminhamentos para desdobramentos futuros.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia de primeira ordem, objeto deste estudo (fig. 1B e fig. 2), está situada na localidade de Cerro do Touro, no sul do município de Campo Alegre (fig. 1A), estado de Santa Catarina. Campo Alegre está inserido no Planalto de São Bento do Sul que tem como principal característica o relevo em colinas. As altitudes deste planalto estão em torno de 850 a 950 m, atingindo na área de estudo 1046 m (SANTA CATARINA, 1986).

No município, as colinas se distribuem em compartimentos topográficos distintos (como o que é apresentado na fig. 1B) que refletem a estrutura geral do substrato geológico, individualizando patamares estruturais entrecortados por linhas e escarpas de falha e por diques de diabásio. Na periferia do planalto, pode-se ainda identificar perfis típicos de relevo em *cuestas*, com frentes e reversos bem delineados. O grau de movimentação do relevo depende portanto do grau de dissecação diferencial dos diferentes compartimentos topográficos, definindo áreas colinosas de amplitude variável.

Em função da altitude deste planalto, o clima do município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico úmido com verões frescos. A temperatura média anual é de 16,4°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que o total anual varia de 1600 a 1800 mm (SANTA CATARINA, 1986).

Quanto à vegetação, observa-se a coexistência das floras tropical e temperada, compondo a Floresta de Araucária (Floresta Ombrófila Mista), que recebe este nome devido ao papel importante que o pinheiro-do-Paraná, a araucária, desempenha na fisionomia florestal da área (SANTA CATARINA, 1986). São freqüentes na área os campos formados por gramíneas, cuja altura varia de 10

a 50 cm e capões nas depressões e ao longo dos rios, formando ilhas no meio dos campos (DAITX & CARVALHO, 1980, apud, OLIVEIRA & PEREIRA, 1998).

FIGURAS 1A e 1B Situação do município de Campo Alegre no estado de Santa Catarina (1A) e localização da área de estudo (1B).

Os rios, afluentes da margem esquerda do rio Negro, possuem em geral padrões de drenagem dendrítico e sub-paralelo, com forte condicionamento tectônico (DAITX & CARVALHO, 1980, apud, OLIVEIRA & PEREIRA, 1998).

O substrato geológico da área de estudo é formado por rochas da Bacia de Campo Alegre. Esta bacia é composta essencialmente de riolitos e traquitos, e menores proporções de basaltos e andesitos, tufos e sedimentos vulcanogênicos (BIONDI et. al., 2002). Foi dividida em nove Formações contidas em dois Grupos: Bateias e Campo Alegre (CITRONI, 1998; CITRONI & BASEI, 1999, apud, BIONDI, 2002).

Na bacia estudada, ocorrem as Formações São Miguel e Avenca Grande, Formações do Grupo Campo Alegre. Tais Formações são compostas por traquitos, riolitos e ignimbritos (BIONDI et. al., 2002). A decomposição *in situ* destes riolitos e ignimbritos originou importantes jazidas e reservas de argila caulínica, destinada à indústria cerâmica (TOMAZZOLI et. al., 1999).

Estudos geomorfológicos realizados na área demonstram rico registro sedimentar quaternário, com presença de paleossolos, e de estruturas sedimentares bem preservadas, que serão úteis para a reconstrução paleoambiental da área (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA et. al., 2001c). De fato, segundo Moura e Silva (1998), as áreas de colinas desenvolvem feições como rampas de colúvio que se caracterizam por serem o meio de ligação entre encosta e a calha fluvial. O estudo destas feições geomorfológicas possibilita a reconstituição da evolução das áreas de cabeceira de vale. Em geral, estas unidades do relevo se distribuem em função da dinâmica pretérita das bacias hidrográficas e são indicadoras de formações superficiais que podem conter registro sedimentar útil para a reconstrução da história erosiva e deposicional do ambiente no qual estão inseridas.

Neste trabalho serão apresentados e discutidos os resultados obtidos de três seções estratigráficas levantadas na área da sub-bacia. Sendo duas em área de encosta, próxima aos divisores de água, em ambiente de cabeceira de vale, referidas neste trabalho como Seção Cabeceira Sudeste (estudada inicialmente por

Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002) e Seção Cabeceira Sudoeste e outra em área de terraço aluvial, chamada neste trabalho de Seção Vale Nordeste. A localização destas três seções pode ser vista na fig. 2.

FIGURA 2 Planta planialtimétrica e de situação, localidade de Cerro do Touro.
Fonte: BRASIL, 2004.

3. REGISTRO QUATERNÁRIO E CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL

3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

O período Quaternário, iniciado há aproximadamente 2,6 milhões de anos A.P. é marcado por padrão de alternância de períodos glaciais e interglaciais durante os quais o clima da Terra foi caracterizado por temperaturas globais mais baixas ou semelhantes às atuais (VAN ANDEL, 1992). Este padrão tem sido explicado pela teoria de Milankovich (1941, apud, SALGADO-LABORIAU, 1994), que propõe que estas variações globais de temperatura podem resultar de parâmetros orbitais que alteram a quantidade de energia recebida pela Terra, forçando, através de interações complexas, mudanças climáticas globais.

Embora as áreas tropicais e subtropicais não estejam em latitudes sensíveis aos efeitos previstos pela teoria de Milankovich, elaborada para as altas latitudes do hemisfério Norte, são estas áreas que constituem as principais fontes de distribuição de energia térmica para o planeta. Em função disto, pesquisas básicas voltadas para a compreensão das modificações locais de áreas tropicais e subtropicais durante o Quaternário têm sido apontadas como fundamentais para a formulação do quadro geral das mudanças climáticas globais durante este período (CLEMENT et al., 1999; HENDERSON & SLOWEY, 2000).

Dentro da faixa tropical e subtropical as áreas continentais emergem como principais objetos de investigação futura, pois, devido às características do registro continental, subsistem importantes lacunas a serem preenchidas. Resultados de estudos recentes demonstram um comportamento peculiar das áreas tropicais e

subtropicais durante as grandes mudanças climáticas do Quaternário. De fato, segundo Thomas et. al. (2001), evidências paleoidrológicas apontam para sinais por vezes contraditórios nos continentes, com mudanças climáticas que tendem para a diminuição de precipitação em algumas áreas e aumento de precipitação em outras, durante os períodos mais frios do Quaternário.

Interpretações paleoidrológicas em áreas tropicais e subtropicais são dificultadas, principalmente, pela raridade e baixa resolução de seu registro sedimentar (OLIVEIRA et. al., 2001c). Neste contexto, a identificação de áreas capazes de reter e preservar sedimentos ao longo do tempo é fundamental (VELDKAMP & TEBBENS, 2001). As chamadas áreas de “cabeceira de vale” vêm sendo apontadas como áreas privilegiadas, no interior das bacias hidrográficas, nas quais existe elevado potencial de geração e preservação de registro sedimentar quaternário (MEIS & MOURA, 1984; SERVANT et. al., 1989; DIETRICH & DUNNE, 1993; OLIVEIRA, 1999). De fato, desde 1996, pesquisas realizadas no grupo de pesquisa “Superfícies Geomorfológicas, Paleoidrologia e Processos Atuais” (Diretório 5, CNPq) têm comprovado o elevado potencial das cabeceiras de vale em áreas de planalto no Paraná e em Santa Catarina, revelando rico registro sedimentar e paleo-pedológico (CAMARGO & OLIVEIRA, 1998; PAISANI & OLIVEIRA, 1998; OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA, 2000; OLIVEIRA et. al., 2001a; OLIVEIRA et al., 2001b, OLIVEIRA et. al., 2001c). Como estas unidades do relevo realizam a articulação dinâmica entre processos de encosta e processos de calha fluvial, o seu estudo possibilita a análise das fontes de aporte sedimentar para a calha fluvial (LATRUBESSE & FRANZINELLI, 1993;). Além disto, estes setores das bacias hidrográficas possibilitam a observação dos principais processos hidrológicos relacionados à formação de fluxos de água passíveis de contribuir para o escoamento canalizado.

3.2 CABECEIRAS DE VALE E MUDANÇAS GLOBAIS

Na década de 90 as áreas de cabeceira de vale surgiram como áreas de interesse acadêmico nas quais haveria elevada probabilidade de se encontrar registro de mudanças hidrológicas pretéritas (DIETRICH & DUNNE, 1993). De fato, além de serem áreas cuja hidrologia é caracterizada pela convergência de fluxos superficiais e sub-superficiais, estas áreas resultam da atuação de processos de erosão e de sedimentação ao longo do tempo (OLIVEIRA, 1999).

Vários são os processos através dos quais pode-se explicar a gênese de cabeceiras de vale. Dietrich e Dunne (1993) descrevem em seu trabalho “The Channel Head” os principais processos envolvidos nesta gênese:

a) Formação de cabeceira de vale por fluxo superficial, distinguindo-se dois tipos de fluxo:

a.1- fluxo superficial hortoniano que ocorre, segundo Horton (1945, apud, GUERRA, 1999), quando a taxa de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, promovendo a formação de poças e o início do escoamento superficial (MORGAN, 1986, apud, GUERRA, 1999) e,

a.2- fluxo superficial saturado gerado pela formação de zonas de saturação suspensas. Estas zonas podem ser criadas por descontinuidades hidráulicas sub-superficiais, levando ao afloramento de água sobre a superfície topográfica, gerando ou contribuindo para o fluxo de chuva.

b) Formação de cabeceira de vale por percolação, que ocorre quando o aumento da precipitação afeta o nível do lençol freático, fazendo com que haja descarga crítica em torno da área de afloramento da água que atravessa o meio poroso, propiciando a mobilização de material e a modificação da topografia (DIETRICH & DUNNE, 1993)

c) Formação de cabeceira de vale por erosão em túneis, gerada pela interação entre os fluxos superficiais e os fluxos sub-superficiais. Quando predominam sobre as paredes de macro-poros forças que atuam na erosão por percolação, há a desestruturação da superfície de vazamento, propiciando a formação de túneis e dutos. Se a macro-porosidade se ramifica até a superfície topográfica, os fluxos de chuva tendem a contribuir com o fluxo de percolação, gerando fluxos turbulentos e ampliando o colapso dos materiais através da expansão dos dutos e túneis (OLIVEIRA, 1999).

Estes mecanismos hidrológicos, superficiais e sub-superficiais, que originam as áreas de cabeceira de vale, podem se conjugar e contribuir para a modificação destas unidades do relevo ao longo do tempo. A interação entre estes mecanismos individuais foi proposta por modelo teórico desenvolvido por Oliveira (1989) (fig. 3). Este modelo foi concebido a partir da identificação e cadastramento de incisões erosivas no vale do rio Paraíba do Sul. Uma primeira generalização que partiu da observação da localização das incisões erosivas, considerando sua relação com canais de primeira ordem, levou a identificação de incisões conectadas e desconectadas da rede hidrográfica. Em alguns casos as incisões ocupavam longitudinalmente o conjunto da encosta o que sugeria que estas seriam o resultado da integração, ao longo do tempo, de incisões conectadas e desconectadas da rede hidrográfica (OLIVEIRA, 1989). Este modelo foi utilizado posteriormente para explicar a evolução de cabeceiras de vale e sua contribuição para o aporte de sedimentos para a rede hidrográfica durante períodos caracterizados por modificações ambientais (THOMAS, 1994). De fato, sua aplicação permitiria a avaliação do grau de articulação entre vales e cabeceiras ao longo do tempo (FAULKNER, 1995).

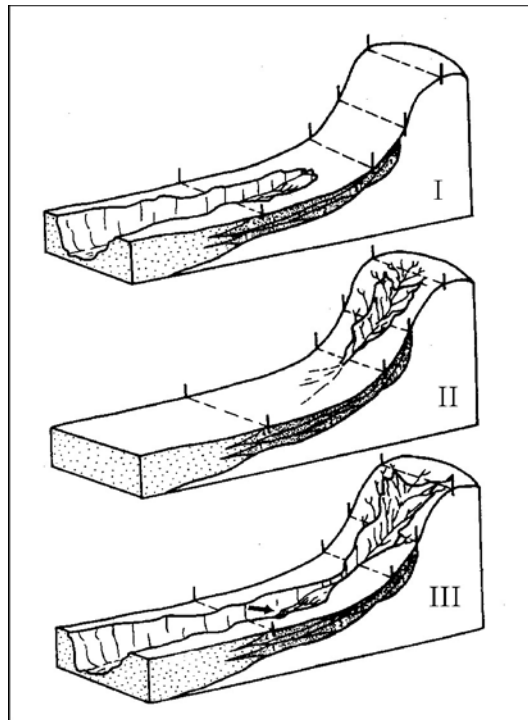


FIGURA 3 Evolução de incisões conectadas e desconectadas da rede de drenagem. I: voçoroca conectada á rede hidrográfica; II: voçoroca desconectada da rede hidrográfica; III: integração entre os dois tipos (OLIVEIRA, 1989).

O efeito destes processos erosivos ao longo do tempo é o de modificar superfícies geomorfológicas que, quando situadas em posição de cabeceira de vale, geram feições erosivas específicas que transportam sedimentos para jusante. Tanto as feições erosivas como os sedimentos podem permanecer preservados no registro estratigráfico associado à evolução da cabeceira de vale. Estes registros são, portanto, testemunhos das alterações ambientais associadas à adaptação da rede hidrográfica e dos processos de articulação entre encostas e calhas fluviais ao longo do tempo (OLIVEIRA et. al., 2001c). Sendo esta a principal razão do interesse suscitado pelo estudo de cabeceiras de vale.

A área de estudo, situada na localidade de Cerro do Touro, no município de Campo Alegre, extremo norte de Santa Catarina, se caracteriza por ocupar posição de cabeceira de vale. Estudos preliminares realizados na área demonstram rico

registro sedimentar quaternário, com presença de paleossolos, e de estruturas sedimentares bem preservadas, possibilitando a formulação de hipóteses evolutivas para o final do Pleistoceno (OLIVEIRA et. al., 2001c).

Os resultados obtidos através da análise da seção estratigráfica levantada na área estudada primeiramente por Oliveira e Pereira (1998) e posteriormente por Lima (2002), apresentam algumas evidências acerca da dinâmica desta cabeceira de vale durante o final do Pleistoceno. Descrição mais detalhada destes resultados é feita no item 5.1, a partir da p. 27. As camadas lenticulares, individualizadas na seqüência apontam para a atuação de escoamento difuso. Os truncamentos e a diferença na porosidade total dos dois horizontes pedológicos individualizados na área, através da qual foi possível confirmar a hipótese do soterramento da encosta, atestam atividade erosiva durante períodos de instabilidade morfodinâmica, com mudança do regime hidrodinâmico e atuação de fluxos concentrados (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998). A ocorrência nos horizontes pedológicos de grânulos e seixos, ainda que em menor quantidade, sugere que mesmo durante os períodos de estabilidade morfodinâmica os processos erosivos tiveram lugar (LIMA, 2002).

Não obstante este conjunto de evidências, persistiam dúvidas no que se refere à dinâmica do sistema de articulação entre encosta e calha fluvial no período analisado. Apesar dos indícios de atuação do escoamento difuso e de mudança do padrão hidrológico, acarretando fluxos concentrados (OLIVEIRA et. al., 2001c), não havia possibilidade, em virtude da ausência de dados, de integrar as evidências obtidas ao conjunto do sistema encosta/calha fluvial, característico das áreas de cabeceira de vale, de modo a especificar os principais mecanismos e condicionantes que atuaram na evolução da área. Desta forma, os estudos foram expandidos para o setor da calha fluvial, onde foram levantadas duas seções estratigráficas (fig. 2, p. 8).

A área apresenta padrão de distribuição da rede de drenagem que é peculiar. Trata-se de vales tributários bastante dissecados, com canais de primeira e de segunda ordem, escalonados em compartimentos topográficos de origem estrutural, que criam níveis de base locais. A montante destes pontos de maior resistência do

substrato encontra-se, em geral, vales entulhados por aluviões. A área escolhida para o levantamento das novas seções estratigráficas representa um exemplo deste padrão de distribuição da rede de drenagem. A área, referenciada neste trabalho como terraço, em virtude da sua forma, apresenta-se como uma superfície plana, delimitada de um lado por uma rampa e por outro pela calha fluvial, formada pelo acúmulo de aluviões a montante de uma queda d'água, que define o nível de base local.

Na seção estratigráfica, localizada na alta encosta, observa-se paleocanal erosivo longitudinal a encosta. Esta configuração sugere a ocorrência de incisão erosiva desconectada da rede hidrográfica na área. Se houve ou não integração dinâmica entre esta incisão e a calha fluvial, como previsto pelo modelo teórico proposto por Oliveira (1989) (fig. 3), tratava-se de um problema que se tentaria esclarecer através do desenvolvimento desta pesquisa.

A área de estudo apresenta potencial para a reconstrução da história evolutiva do local. O estudo do registro estratigráfico preservado, aliado aos resultados de datações absolutas possibilitará prestar informações acerca da história erosiva e deposicional da área. Contribuindo, desta forma, para a caracterização paleoambiental dos planaltos de Santa Catarina, um dos principais objetivos do projeto integrado do qual participa esta dissertação.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 LEVANTAMENTO ESTRATIGRÁFICO

Visando a identificação de locais onde seriam levantadas as seções estratigráficas, foi realizada fotointerpretação da área de estudo, seguida de controle de campo. A área selecionada para o estudo está situada a 515 m à jusante da área que foi inicialmente estudada por Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002). Trata-se de terraço aluvial formado, provavelmente, pela retenção de aluviões a montante de nível de base local, formado por queda d'água. Nesta área foram levantadas duas seções: uma transversal e outra longitudinal ao canal fluvial. Estas duas seções estratigráficas foram elaboradas a partir de sondagens com trado manual. Neste trabalho será explorada somente a seção transversal, uma vez que não foi possível detalhamento satisfatório da outra seção.

No decorrer dos levantamentos das duas seções estratigráficas do terraço aluvial, uma outra área chamou atenção por apresentar unidades escuras (possivelmente paleossolos), intercaladas a unidades mais claras (possivelmente camadas coluviais). Esta área está situada a sudoeste da seção estudada inicialmente por Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002), no mesmo corte de estrada. Tendo em vista o potencial da área para geração e preservação de registro quaternário, evidenciado pelos estudos preliminares de Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002), procedeu-se o levantamento de uma seção estratigráfica neste local. A seção foi elaborada com o auxílio de um nível e de uma linha horizontal que serviu de referência para a determinação do arranjo das unidades sedimentares observadas.

Como mencionado no capítulo 2, neste trabalho serão apresentados dados referentes a três seções estratigráficas:

- Duas em área de encosta próxima aos divisores de água (em área de cabeceira de vale): a) Seção estudada por Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002), que será aqui referida como Seção Cabeceira Sudeste e b) Seção levantada a sudoeste desta primeira, que será chamada de Seção Cabeceira Sudoeste.
- Uma na área do terraço aluvial a 515 m à jusante das seções citadas acima e que será chamada de Seção Vale Nordeste.

A localização destas três seções estratigráficas está indicada na fig.2 (p. 8).

As unidades observadas nas seções estratigráficas foram individualizadas a partir das seguintes características físicas: cor da matriz (1), concentração e tamanho dos cascalhos (2), textura ao tato (3), tipo de estrutura pedológica ou ausência (4) e tipo de contato (5).

Levantamentos de seções estratigráficas a partir de sondagens apresentam a limitação de não permitirem descrição precisa do arranjo espacial das unidades, uma vez que o trado manual deforma as amostras utilizadas na descrição destas, fornecendo ao pesquisador visão simplificada de transições verticais e laterais. Com o objetivo de transpor esta limitação foi necessária a abertura de trincheira na área da seção estratigráfica transversal ao canal.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS

Durante o levantamento das seções estratigráficas foram realizadas

descrições de campo, que serviram para primeira definição das unidades. Tais descrições compreenderam cor da matriz, ocorrência e tamanho dos cascalhos, textura ao tato, tipo de estrutura pedológica (ou ausência) e tipo de contato.

A cor é a característica física que mais chama a atenção nos trabalhos de campo. A partir da descrição das cores pode-se obter informações acerca da natureza dos materiais. Materiais com tonalidades mais escuras, em geral, indicam maior concentração de matéria orgânica, cores avermelhadas podem indicar boas condições de drenagem.

As cores foram descritas com o intuito de auxiliar na distinção de unidades minerais e unidades com maior concentração de matéria orgânica. Foram determinadas com o auxílio do sistema de Munsell (MUNSEL SOIL COLOR CHART, 1994).

A textura ao tato foi obtida com auxílio do Guia para Classes de Textura (IBGE, 1995) que apresenta as seguintes classes: areia, silte, argila, areia franca, franco, franco argilo-arenoso, franco argiloso, franco arenoso, argila arenosa, muito argiloso, argila siltosa, franco argilo-siltoso e franco siltoso.

A estrutura pedológica foi descrita de acordo com sua forma (tipo de estrutura), a saber: laminar, prismática (prismática ou colunar), blocos (angulares ou subangulares) e esferoidal (granular ou em grumos) (MONIZ, 1975). As amostras que não apresentaram estrutura pedológica foram descritas de acordo com o grau de desenvolvimento, neste caso sem estrutura pedológica, em duas classes: maciça (ocorrem reunidas, formando uma massa, com coesão uniforme) e grão simples (não há qualquer agregação entre as partículas) (MONIZ, 1975).

O contato entre as unidades foi estabelecido conforme a seguinte classificação: transição abrupta (até 2 cm), clara (2-5 cm), gradual (5-15 cm) e difuso (maior que 15 cm) (IBGE, 1995).

4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica, também chamada de análise mecânica, permite descrição padronizada dos sedimentos, além de auxiliar na interpretação tanto dos processos que atuaram durante o transporte, como dos ambientes deposicionais.

A análise granulométrica é realizada em três etapas: 1) determinação da distribuição granulométrica das partículas; 2) representação gráfica desta distribuição e 3) descrição e comparação dos sedimentos, através de parâmetros derivados estatisticamente da distribuição granulométrica (SUGUIO, 1973).

Foram submetidas à análise granulométrica 142 amostras selecionadas das seções com o objetivo de caracterizar as unidades que foram diferenciadas durante o levantamento estratigráfico.

A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências da UFSC. As amostras selecionadas foram tratadas utilizando as técnicas de peneiramento para a fração grossa ($> 0,062$ mm), e pipetagem para a fração fina ($< 0,062$ mm) conforme Suguio (1973). Por tratar-se de amostras com mais de 40% de finos optou-se por utilizar sub-amostras de 10 a 15 g. Na separação por via úmida das frações grossa e fina foi utilizada solução defloculante contendo 14,72 g de hexametáfosfato de sódio (CALGON) tamponado com 3,25 g de carbonato de sódio anidro, diluídos em 1000 mL de água destilada, utilizando-se 50 mL de solução para cada 10 g de amostra. Para obter-se melhores resultados na separação via úmida as amostras foram agitadas em agitador mecânico durante 15 minutos.

Para o peneiramento da fração grossa utilizaram-se seis peneiras com as seguintes escalas: 2 mm (-1ϕ); 1 mm (0ϕ); 0,50 mm (1ϕ); 0,250 mm (2ϕ); 0,125 mm (3ϕ) e 0,062 mm (4ϕ). A fração grossa foi dividida desta forma em classes como

segue: grânulos, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina, respectivamente.

Durante a pipetagem foi coletada a fração 9ϕ (0,00195 mm), deduzindo-se a 5ϕ (0,0313 mm) pela diferença de peso residual. A fração fina foi desta forma dividida em duas classes argila e silte, respectivamente.

Para as segunda e terceira etapas, representação gráfica da distribuição e descrição e comparação dos sedimentos, utilizou-se diagrama para a classificação textural e interpretação de mecanismos deposicionais idealizado por Flemming (2000) (fig. 4) e o programa ANASED 5.0, desenvolvido no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – UFC (LIMA, 1999) com o qual foi possível determinar o grau de dispersão ou espalhamento. O grau de dispersão ou espalhamento, calculado a partir do desvio padrão, define o grau de seleção. Este parâmetro pode auxiliar na inferência sobre a natureza dos depósitos sedimentares, uma vez que, em geral, a seleção dos sedimentos aumenta ou diminui dependendo dos mecanismos de transporte.

O diagrama triangular de classificação dos sedimentos oferece a descrição textural a partir dos resultados das análises granulométricas. O diagrama utilizado neste trabalho é o proposto por Flemming (2000), conforme mostra a fig. 4. Este diagrama trabalha com duas componentes areia e lama (silte e argila). A partir da relação entre o conteúdo destas duas, surgem seis tipos de sedimentos: 1) areia: < 5% lama; 2) areia levemente lamosa: 5 – 25% lama; 3) areia lamosa: 25 – 50% lama; 4) lama arenosa: 50 – 75 % lama; 5) lama levemente arenosa: 75 – 95% lama e 6) lama: > 95% lama. Este diagrama, que apresenta 25 classes de sedimentos (quadro 1), permite maior detalhamento da subdivisão textural dos materiais e auxilia na distinção entre diferentes regimes hidrodinâmicos. Esta distinção é possível através do agrupamento das amostras ao longo de bandas alongadas que tenderiam a oscilar radialmente, a partir do vértice da classe areia. Como o diagrama não prevê a inclusão de frações maiores que a classe areia, as amostras com frações maiores que 2 mm (-1ϕ) foram plotadas de acordo com a recomendação de Suguio (1973:70), sendo consideradas somente as frações areia, silte e argila, o que

resultou em alguns casos num triângulo (ao invés de um ponto) que marca o local no diagrama que deve ser ocupado pela amostra.

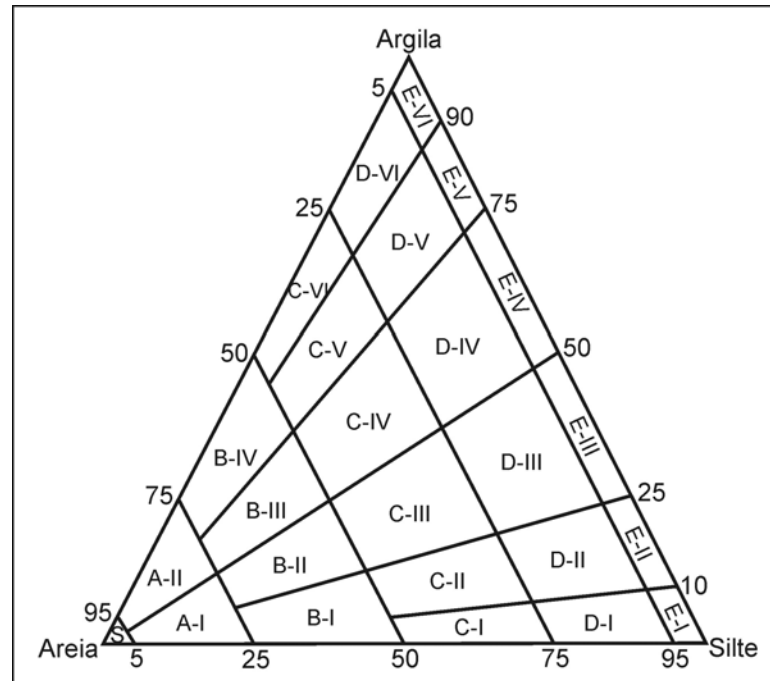


FIGURA 4 Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por FLEMMING (2000).

QUADRO 1 Tipos de sedimentos e classes texturais contidas no diagrama triangular para a classificação textural proposta por Flemming.

Tipo de sedimento	Código	Classe textural
Areia (<5% lama)	S	Areia
Areia levemente lamosa (5-25% lama)	A-I	Areia levemente siltosa
	A-II	Areia levemente argilosa
Areia lamosa (25-50% lama)	B-I	Areia muito siltosa
	B-II	Areia siltosa
	B-III	Areia argilosa
	B-IV	Areia muito argilosa
Lama arenosa (50-75% lama)	C-I	Lama arenosa extremamente siltosa
	C-II	Lama arenosa muito siltosa
	C-III	Lama arenosa siltosa
	C-IV	Lama arenosa argilosa
	C-V	Lama arenosa muito siltosa

Tipo de sedimento	Código	Classe textural
Lama arenosa (50-75% lama)	C-VI	Lama arenosa extremamente argilosa
Lama levemente arenosa (75-95% lama)	D-I	Lama levemente arenosa extremamente siltosa
	D-II	Lama levemente arenosa muito siltosa
	D-III	Lama levemente arenosa siltosa
	D-IV	Lama levemente arenosa argilosa
	D-V	Lama levemente arenosa muito argilosa
	D-VI	Lama levemente arenosa extremamente argilosa
Lama (>95% lama)	E-I	Silte
	E-II	Silte levemente argiloso
	E-III	Silte argiloso
	E-IV	Argila siltosa
	E-V	Argila levemente siltosa
	E-VI	Argila

Fonte: FLEMMING, 2000

4.4 ANÁLISE QUÍMICA

4.4.1 Determinação do Teor de Matéria Orgânica

Este parâmetro foi obtido com o objetivo de diferenciar, de forma mais precisa, unidades minerais de unidades orgânicas. Além disto, o teor de matéria orgânica pode indicar as condições ambientais onde um determinado solo foi gerado. Quando um solo apresenta, por exemplo, alto teor de matéria orgânica pode-se esperar que ele tenha sido formado em regiões de clima frio e/ou em áreas de altitudes elevadas ou, áreas deprimidas que permitem o acúmulo de água (TOMÉ JR, 1997)

A matéria orgânica do solo é definida, segundo Meurer (2002), como:

(...) todos os compostos que contém carbono orgânico no solo, o que inclui microrganismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas.

Segundo este autor este conceito é muito abrangente pois a matéria orgânica é um composto extremamente complexo, tanto no que se refere aos seus constituintes, como nos processos que atuam em sua formação. A matéria orgânica pode ser dividida em quatro frações distintas: fração leve (1), biomassa microbiana (2), substâncias não-húmicas ou biomoléculas (3) e substâncias húmicas ou húmus estável (4). No entanto, os métodos para a determinação do teor de matéria orgânica não são capazes de definir estas quatro frações ao mesmo tempo. Dependendo do método escolhido para a definição do teor de matéria orgânica, o que é determinado é somente parte destas frações (ROSCOE & MACHADO, 2002). Por exemplo, na maioria dos métodos, durante a etapa de preparação, as amostras são destorroadas e passadas através de uma peneira com a malha de 2 mm de abertura, operação que exclui resíduos orgânicos maiores que esta dimensão. Outros métodos de análise não são sensíveis a frações com alto grau de humificação (ROSCOE & MACHADO, 2002).

O teor de matéria orgânica pode ser determinado através de métodos que podem ser classificados em dois grupos: métodos químicos (1) e métodos físicos (2). Dentre os métodos químicos pode-se destacar a digestão da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio, oxidação do carbono orgânico por via úmida e colorimetria. Nos métodos físicos destacam-se os densimétricos e gravimétricos.

Neste trabalho foram utilizados os métodos da digestão da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio e o método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida, proposto por Walkley-Black (TOMÉ JR, 1997).

O teor de matéria orgânica pela oxidação com peróxido de hidrogênio foi obtido através da relação entre fração orgânica, determinada após a oxidação da

amostra com 20 mL de peróxido de hidrogênio diluídos em 20 mL de água destilada, e a massa total da amostra (MUSY & SOUTTER, 1991). O procedimento foi realizado no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências da UFSC. Esta análise foi realizada para todas as amostras submetidas à análise granulométrica.

O método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida, proposto por Walkley-Black se baseia na determinação do carbono orgânico que contribui com 58% da matéria orgânica do solo. Logo, conhecendo-se o teor de carbono orgânico do solo, multiplica-se por 1,725, fator de Van Bemmelen (este fator foi determinado partindo-se do pressuposto que em cada 100 g de matéria orgânica há 58 g de carbono orgânico, logo cada 1 g de carbono orgânico corresponde a 1,72 g de matéria orgânica), é possível estimar de modo mais preciso a quantidade de matéria orgânica presente em uma determinada amostra. Ressalte-se que, apesar de aceito, este fator (1,725) é variável dependendo do tipo de solo. Segundo Broadbent (1953, apud, TEDESCO et. al., 1985), o valor de 1,9 seria mais coerente para solos superficiais e 2,5 para materiais de subsuperfície.

O método de Walkley-Black é realizado através da oxidação do carbono orgânico com dicromato de potássio 1,25 N (10 mL), que transforma o carbono orgânico em dióxido de carbono. Como esta reação requer meio ácido e temperatura elevada, é adicionado ácido sulfúrico concentrado (20 mL) e a amostra é então aquecida até chegar a 150° C. O dicromato de potássio é adicionado numa quantidade conhecida e maior que a quantidade esperada de carbono orgânico na amostra. Certa quantidade deste oxidante sobra e como é conhecida a quantidade inicial, pode saber por diferença quanto reagiu com o carbono orgânico. Este excesso de dicromato de potássio é determinado por titulação com sulfato ferroso 0,25 N. (TOMÉ JR, 1997; TEDESCO et. al., 1985). A quantidade de amostra analisada variou de 0,1 a 1 g, dependendo da quantidade de matéria orgânica esperada para as amostras, quanto maior a quantidade esperada, menor a quantidade de amostra utilizada.

O teor de matéria orgânica, obtido através do método de Walkley-Black, foi determinado para amostras selecionadas das seções da área de encosta (Seção Cabeceira Sudeste e Seção Cabeceira Sudoeste) e do terraço aluvial (Seção Vale Nordeste), abrangendo um total de 156 amostras. Esta análise foi realizada no Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecido Vegetal do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

Serão apresentados neste trabalho somente os dados de matéria orgânica obtidos através do método de Walkley-Black, uma vez que os resultados determinados através da técnica da oxidação com o peróxido de hidrogênio não apresentaram resultados satisfatórios. Uma breve discussão sobre estes resultados é apresentada no item 5.1.3.

4.4.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A

Amostras das unidades ricas em matéria orgânica foram submetidas a esta análise com o objetivo de estabelecer o tipo de horizonte A (OLIVEIRA et. al., 1992). Este ensaio foi realizado no Laboratório Físico Químico e Biológico da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina.

4.5 DATAÇÕES

Objetivando a inferência de cunho crono-estratigráfico, para facilitar o trabalho de correlação estratigráfica, foram implementadas datações através das técnicas da

Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) e Carbono 14.

Para amostras das unidades com maiores concentrações de matéria orgânica foram utilizadas as datações pelo Carbono 14.

Datações radiogênicas por luminescência opticamente estimulada (LOE) foram utilizadas para unidades minerais, passíveis de aplicação desta metodologia.

Estas análises foram realizadas no Laboratório Beta Analytic Inc. (E.U.A.) para Carbono 14 e no Laboratório de Vidros e Datação – Labvidros (FATECSP, São Paulo), para Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), através do apoio parcial do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA CABECEIRA SUDESTE

Neste item serão apresentados os resultados dos estudos realizados nesta seção contidos nos trabalhos de Oliveira e Pereira (1998), Oliveira et. al. (2001c), Lima (2002), assim como resultados inéditos obtidos através do desenvolvimento desta pesquisa.

Os resultados obtidos por Oliveira e Pereira (1998) e Oliveira et. al. (2001c) referem-se à estratigrafia da seção, dados morfológicos (textura ao tato e tipo de contato) e datações através do Carbono 14. Os resultados contidos no trabalho de Lima (2002) são descrições físicas dos materiais (cor, concentração de cascalhos) e dados da análise granulométrica e determinação da matéria orgânica, através da oxidação por peróxido de hidrogênio. Os dados obtidos através do desenvolvimento desta pesquisa referem-se à determinação dos teores de matéria orgânica, obtida através do método de Walkley-Black, e análise de saturação por bases.

5.1.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais

A seção estratigráfica, referida neste trabalho como Seção Estratigráfica

Cabeceira Sudeste, foi inicialmente estudada por Oliveira e Pereira (1998) e posteriormente por Lima (2002), sua localização pode ser observada na fig.2 (p.9). A seção está inserida em área de encosta, próxima aos divisores de água, em contexto de cabeceira de vale (fig. 5). O setor da seção analisada por estes autores possui 6,8 m de extensão (fig. 6 e 7).



FIGURA 5 Vista parcial da localidade de Cerro do Touro. (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira)

Foram individualizados ao longo da seção, a partir das características físicas, total de 17 unidades, embora no setor estudado pelos autores somente estejam visíveis 14 unidades.

Analisando as fig. 6 e 7 é possível observar a ocorrência de horizontes pedológicos (paleossolos), intercalados a camadas minerais, definidas por Oliveira e Pereira (1998) como camadas coluviais.

As unidades de 5 a 13 estão distribuídas na seção, conforme o caimento atual da encosta, no sentido sudeste.



FIGURA 6 Foto da Seção Estratigráfica Cabeceira Sudeste. (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira)

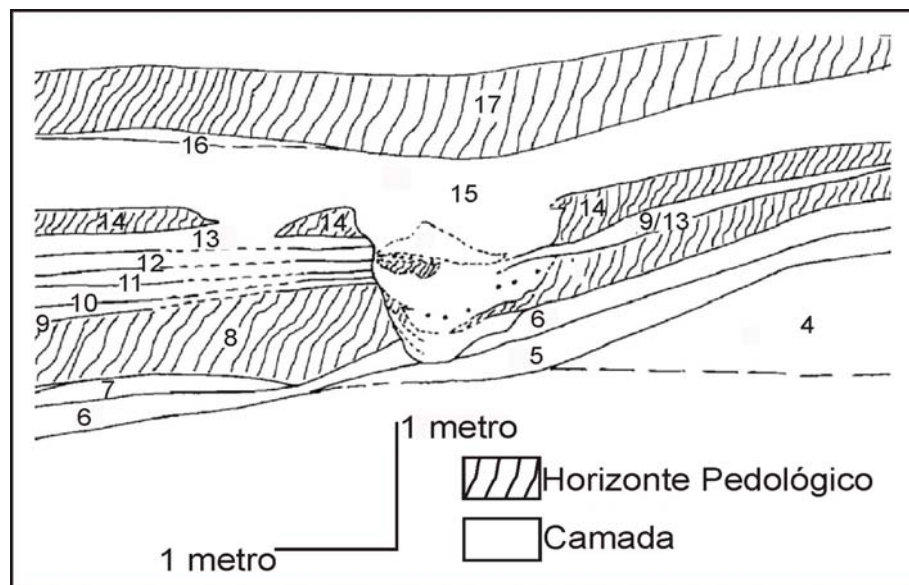


FIGURA 7 Esboço da seção estratigráfica em área de encosta referida neste trabalho como Seção Cabeceira Sudeste, próxima aos divisores de água, levantada na localidade de Cerro do Touro, Campo Alegre, SC. Os números indicam a seqüência estratigráfica. Volume 14, horizonte pedológico de +/- 15 ka; Volume 8: horizonte pedológico de +/- 20 ka. Notar no centro da figura estrutura de corte e preenchimento.

Fonte: OLIVEIRA & PEREIRA, 1998

No centro das fig. 6 e 7 é possível observar estrutura de corte e preenchimento. A estrutura trunca este setor da encosta ao longo de aproximadamente 1,30 m de profundidade, abrangendo as unidades de 6 a 14. Esta incisão foi preenchida por material coluvial, referente à unidade 15. Segundo Oliveira e Pereira (1998) a geometria desta estrutura sugere a forma de canal e que pelas dimensões foi considerada por estes autores como pequena voçoroca.

As unidades de 14 a 17 encontram-se contínuas ao longo do setor da seção estratigráfica estudada por Oliveira e Pereira (1998), apresentando leve concavidade na direção onde a foi depositada a unidade 15.

As características físicas destas unidades foram detalhadas posteriormente por Lima (2002). Os resultados deste detalhamento podem ser observados no quadro 2.

Como pode ser apreendido pelo quadro 2, as tonalidades dos materiais que compõem estas unidades são essencialmente escuras predominando nas unidades minerais, camadas coluviais, (unidades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 e 17) as cores brunadas. Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica, horizontes pedológicos, (unidades 8 e 14) prevalece a cor preta. Nas unidades minerais as cores variaram de bruna muito escura (7.5YR2.5/2, úmida) a bruna clara (7.5YR6/4, úmida). Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica as cores oscilaram entre a cinzenta muito escura (10YR3/1, úmida) e a preta (10YR2/1, úmida).

É possível também observar, em relação à concentração de cascalhos, distinção entre as unidades minerais (unidades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 e 17) e as unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 8 e 14). Nas unidades minerais a concentração de cascalhos atinge 50%, com dimensões que chegam até 33 mm. Já nas unidades com maior teor de matéria orgânica a concentração de cascalhos não excede a 5%, com dimensão máxima de 6 mm.

A textura ao tato das unidades com maior concentração de matéria orgânica, horizontes pedológicos, varia de areia siltosa a silte-argilo-arenosa, segundo Oliveira e Pereira (1998). Nas unidades minerais, camadas coluviais, varia de silte arenosa a silte argilosa.

Os tipos de contato definidos para estes materiais, segundo estes autores, variam de claro a abrupto, contatos graduais nesta seqüência são raros.

5.1.2 Análise Granulométrica

Em seu trabalho de conclusão de curso, Lima (2002) detalha a caracterização granulométrica dos materiais iniciada por Oliveira e Pereira (1998). Foram então submetidas à análise granulométrica 42 amostras, englobando 10 das 17 unidades individualizadas. Amostras da unidade 1, horizonte pedológico estratigraficamente mais antigo que o horizonte pedológico referente à unidade 8, não visível no setor analisado, também foram submetidas a este ensaio.

Os resultados desta análise estão apresentados no quadro 3.

A fig. 8 apresenta de forma gráfica a distribuição das frações granulométricas para as amostras analisadas nesta seção. O gráfico apresenta a predominância de materiais com fração fina, silte e argila. Como pode ser apreendido pela fig. 8, o aumento na concentração da fração silte corresponde à diminuição na concentração da fração areia, especialmente nas amostras da unidade 8.

O grau de seleção, definido a partir do desvio padrão, ocupou as classes muito pobremente selecionada, pobremente selecionada e moderadamente selecionada, predominando no conjunto da seção a classes muito pobremente

selecionada.

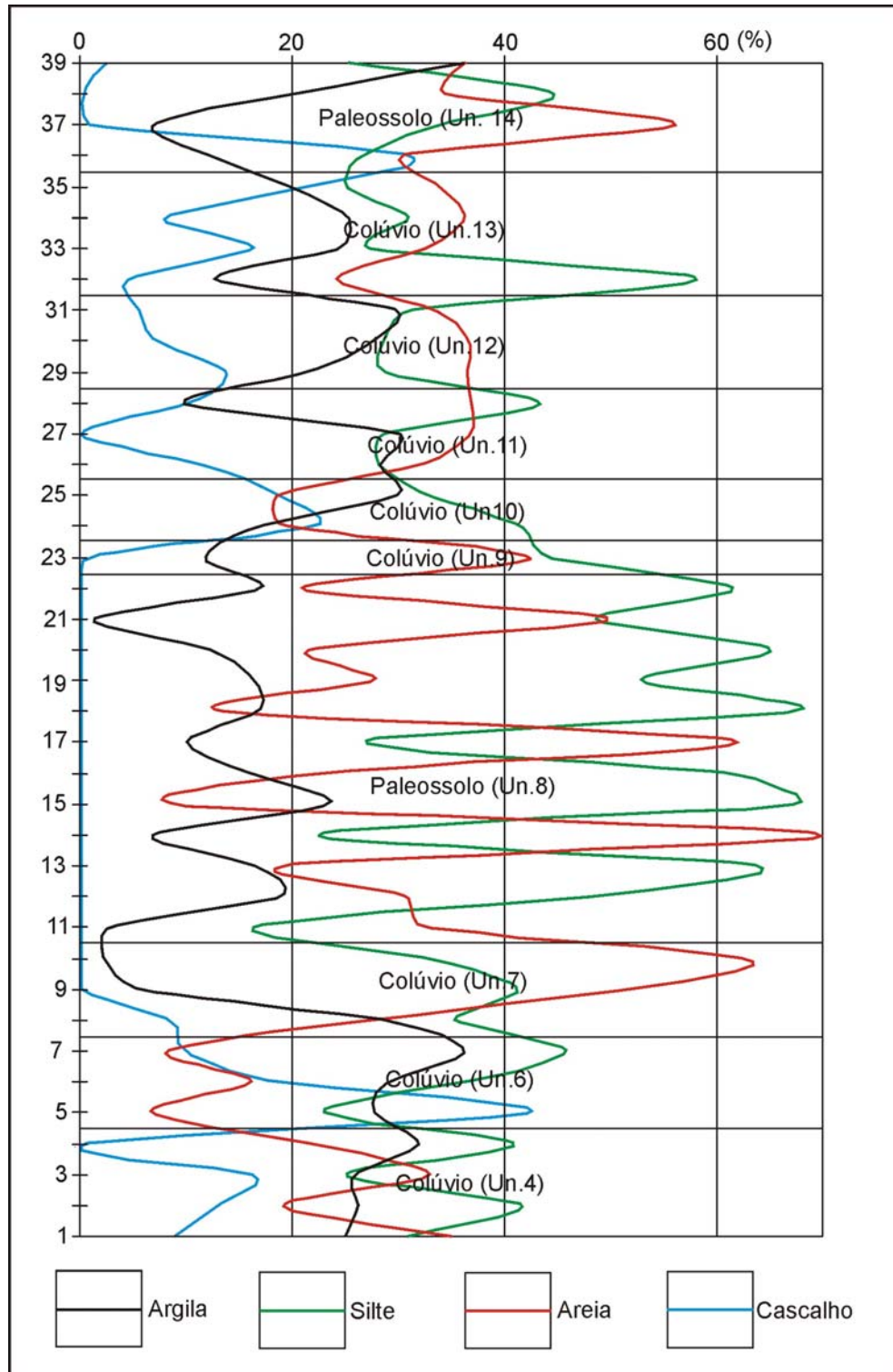


FIGURA 8 Distribuição das frações granulométricas para as amostras da Seção Cabeceira Sudeste, o local de coleta das amostras está indicado na fig. 7, p. 29. (modificado de LIMA, 2002)

Os tipos de sedimentos encontrados, segundo a classificação de Flemming (2000) são: areia lamosa (B, 25-50% lama), lama arenosa (C, 50-75% lama), lama levemente arenosa (D, 75-95% lama) e lama (E, >95% lama), com as seguintes classes texturais: areia muito siltosa (B-I), lama arenosa extremamente siltosa (C-I), lama arenosa muito siltosa (C-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama arenosa argilosa (C-IV), lama levemente arenosa muito siltosa (D-II), lama levemente arenosa siltosa (D-III) e lama levemente arenosa argilosa (D-IV) e silte argiloso (E-III).

Na unidade 1 o grau de seleção foi classificado como muito pobremente selecionado. As classes texturais variaram de lama levemente arenosa siltosa (D-III) a silte argilosa (E-III), com predomínio desta última (66,7% do total das amostras).

Na unidade 4 o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado, predominando a classe muito pobremente selecionada (50% do total das amostras). As classes texturais definidas para esta unidade variaram de lama arenosa siltosa (C-III) a lama levemente arenosa siltosa (D-III), prevalecendo esta última classe (50% do total das amostras).

Na unidade 6 o grau de seleção variou de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado, predominando a classe muito pobremente selecionada (66,7% do total das amostras). As classes texturais encontradas nestas amostras foram: lama levemente arenosa siltosa (D-III) e lama levemente arenosa argilosa (D-IV), predominando a primeira classe, com 66,7% do total das amostras analisadas.

Na unidade 7 o grau de seleção variou de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado, predominando a classe pobremente selecionada (66,7% do total das amostras). As classes texturais para esta unidade foram definidas como: areia muito siltosa (B-I) e lama arenosa siltosa (C-III), prevalecendo a primeira classe com 66,7% do total das amostras analisadas nesta unidade.

Na unidade 8 o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado, prevalecendo a classe moderadamente selecionada, com 83,3% do total das amostras. Em relação às classes texturais, nesta unidade

foram obtidas sete classes diferentes, como pode ser observado no quadro 8. As classes oscilaram entre a areia muito siltosa (B-I) e a lama levemente arenosa siltosa (D-III), predominando a classe lama levemente arenosa muito siltosa (D-II), com 41,7% do total das amostras, seguida pela classe lama arenosa muito siltosa (C-II), com 16,7% do total das amostras que compõe esta unidade.

A unidade 9 o grau de seleção foi definido como pobremente selecionado. A classe textural encontrada nesta unidade foi lama arenosa muito siltosa (C-II).

A unidade 10 apresentou como grau de seleção a classe muito pobremente selecionada. A classe textural encontrada nestas amostras foi a lama levemente arenosa siltosa (D-III).

Na unidade 11 o grau de seleção oscilou entre a classe pobremente selecionada a muito pobremente selecionada, prevalecendo esta última classe (66,7% do total das amostras). As classes texturais definidas para esta unidade foram lama arenosa muito siltosa (C-II) e lama arenosa argilosa (C-IV), predominando esta última classe, com 66,7% do total das amostras que compõe esta unidade.

A unidade 12 o grau de seleção foi definido como muito pobremente selecionado. As classes texturais obtidas para as amostras desta unidade foram: lama arenosa siltosa (C-III) e lama arenosa argilosa (C-IV), com o predomínio desta última, com 66,7% do total das amostras desta unidade.

Na unidade 13 o grau de seleção oscilou entre as classes pobremente selecionada e muito pobremente selecionada, prevalecendo esta última (75% do total das amostras). As classes texturais variaram de lama arenosa muito siltosa (C-II) a lama arenosa argilosa (C-IV), com predomínio da classe lama arenosa siltosa (C-III) que aparece em 50% das amostras que compõe esta unidade.

Na unidade 14 o grau de seleção variou de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado, prevalecendo a classe pobremente selecionada, com 50% do total das amostras que compõe esta unidade. As classes texturais

oscilaram entre a classe areia muito siltosa (B-I) e a classe lama arenosa argilosa (C-IV), prevalecendo a classe lama arenosa siltosa (C-III) que aparece em 50% das amostras que compõe esta unidade.

Com base nestes resultados é possível estabelecer distinção clara entre as unidades essencialmente minerais e as unidades com maior concentração de matéria orgânica.

Nas unidades minerais (unidades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 e 17) o grau de seleção definido para as estas unidades, prevalece a classe muito pobremente selecionada, com 60,87% do total das amostras, seguida pela classe pobremente selecionada que aparece em 34,78% das amostras. As classes texturais que predominam nesta unidade são as classes lama arenosa siltosa (C-III) e lama arenosa argilosa (C-IV), representando cada classe 26,9% do total das amostras desta unidade, seguida pela classe lama levemente arenosa siltosa (D-III), com 21,74% do total das amostras. Estes dados indicam que os fluxos que atuaram durante a deposição destas unidades eram competentes o suficiente para carrearem materiais com dimensões iguais ou superiores à fração areia, como fica atestado pela fig. 8 (p. 33), onde é possível observar concentrações importantes de cascalho e areia nestas unidades. Os resultados referentes ao grau de seleção apontam para materiais mal selecionados, característicos de depósitos coluviais, comuns às áreas de cabeceira de vale.

Já nas unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 8 e 14) o grau de seleção predominante foi a classe moderadamente selecionada, com 68,75% das amostras. As classes texturais obtidas para estas unidades demonstram variação importante, de acordo com o setor analisado, variando da classe areia muito siltosa (B-I) à classe lama levemente arenosa siltosa (D-III), com o predomínio da classe lama levemente arenosa muito siltosa (D-II), com 31,25% do total das amostras, seguida pela classe lama arenosa siltosa (C-III), que aparece em 18,75% do total das amostras. A unidade 1, que também representa uma unidade com maior concentração de matéria orgânica, não seguiu a mesma tendência destas duas unidades (unidades 8 e 14). Esta unidade apresentou como grau de seleção a

classe pobremente selecionada e a classe textural predominante foi silte argiloso (E-III), com 66,7% das amostras. Mesmo com esta diferença no padrão das características granulométricas entre estas três unidades (unidades 1, 8 e 14) os dados apontam para materiais com predomínio de frações finas, especialmente silte, isto fica evidenciado pelas classes texturais, segundo Flemming (2000) (D-II e E-III, classes com maiores concentrações de frações finas). O grau de seleção aponta para melhor organização dos materiais, apresentando classes variando de pobremente selecionada a moderadamente selecionada. Estes dados apontam para atividade pedogenética nestas unidades.

5.1.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming

O diagrama idealizado por Flemming (2000) foi originalmente criado para classificar sedimentos depositados em ambiente de macromaré e de plataforma externa, no entanto a aplicação em ambientes variados é ressaltada pelo autor. Desta forma, a partir de 2001, foi iniciada a aplicação deste diagrama para sedimentos gerados em áreas de cabeceiras de vale (LIMA, 2002). A fig.9 apresenta o diagrama de Flemming elaborado para as amostras desta seção, uma modificação do diagrama elaborado por Lima (2002), pois exclui a fração cascalho, conforme explicitado no item 4.3.

Estes primeiros resultados foram promissores, sendo possível identificar no diagrama áreas de domínio dos solos coluviais (unidades 1, 8 e 14), assim como áreas com predomínio de amostras das camadas coluviais (unidades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 e 17). As amostras das unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 1, 8 e 14) ocuparam a parte inferior do diagrama, partindo da classe lama levemente arenosa (C, 75-95% lama) até a classe lama (E, >95% lama), apresentando maiores concentração na classe lama levemente arenosa (D, 75-95% lama) e indicando materiais com maior concentração de frações

finas, especialmente silte. As amostras das unidades minerais ocuparam as classes da parte central, se estendendo radialmente desde a classe areia lamosa (B, 25-50% lama) até as classes lama arenosa (D, 50-75% lama), classes que indicam maiores concentrações da fração areia.

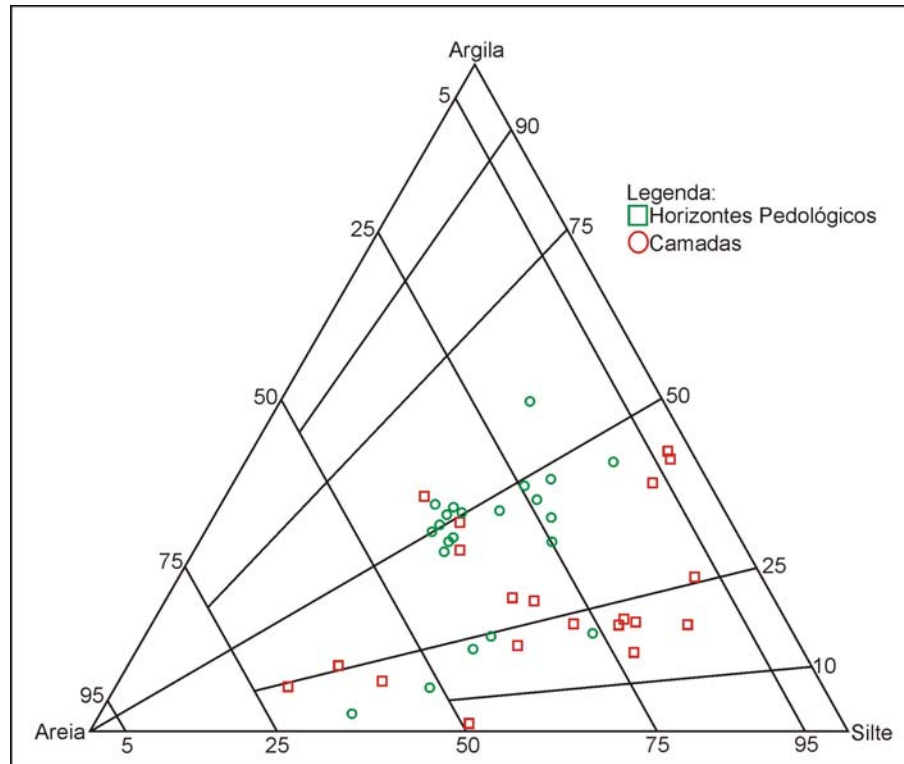


FIGURA 9 Diagrama de Fleming para as amostras analisadas na Seção Cabeceira Sudeste.

Fonte: modificado de LIMA, 2002

A distribuição das amostras em setores diferentes do diagrama auxilia, segundo Flemming (2000), na interpretação dos fluxos hidrodinâmicos, pois possibilita a associação dos depósitos sedimentares com a energia do agente de transporte. As unidades minerais, definidas por Oliveira e Pereira (1998) como camadas coluviais, são compostas por materiais detríticos e heterogêneos gerados por fluxos de energia variável, partindo de fluxos gravitacionais que, por definição, são fluxos de alta viscosidade com misturas concentradas de água e sedimentos (GIANNINI & RICCOMINI, 2001) até fluxos difusos. As amostras destas unidades ocuparam as classes com maior contribuição da fração areia em comparação com as amostras das unidades com maiores concentrações de matéria orgânica. As unidades com maior concentração de matéria orgânica originaram-se a partir da

pedogenização das unidades minerais, apresentando desta forma textura mais fina, mas com certo aporte de frações mais grossas.

Em trabalhos posteriores (LIMA et. al., 2003; OLIVEIRA et. al., 2003) o diagrama foi utilizado para ambientes particulares dentro das áreas cabeceiras de vale, como áreas de encosta e áreas alagadas. Os resultados foram igualmente promissores, indicando que este diagrama permite a distinção de ambientes de sedimentação caracterizados por regimes hidrodinâmicos variados, característicos das áreas de cabeceira de vale.

5.1.3 Análise Química

5.1.3.1 Determinação Teor de Matéria Orgânica

Como descrito no item 4.4.1, a análise de carbono orgânico foi realizada com o objetivo de distinguir unidades minerais de unidades enriquecidas com matéria orgânica. Foram submetidas a este ensaio um total de 18 amostras, englobando 8 das 17 unidades que compõe esta seção (unidades 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13 e 14).

Não serão apresentados neste trabalho os resultados das análises da determinação de matéria orgânica através do método da oxidação com peróxido de hidrogênio. Esta opção justifica-se a partir da análise de correlação dos resultados obtidos entre os dois métodos (oxidação com peróxido de hidrogênio e método de Walkley-Black), correlações muito baixas não excedendo a 0,4 na maioria dos conjuntos de amostras. A correlação foi testada para os dados obtidos tanto nas seções da área de encosta, como na seção área do terraço. Esta diferença nos dados pode ser observada na fig 10.

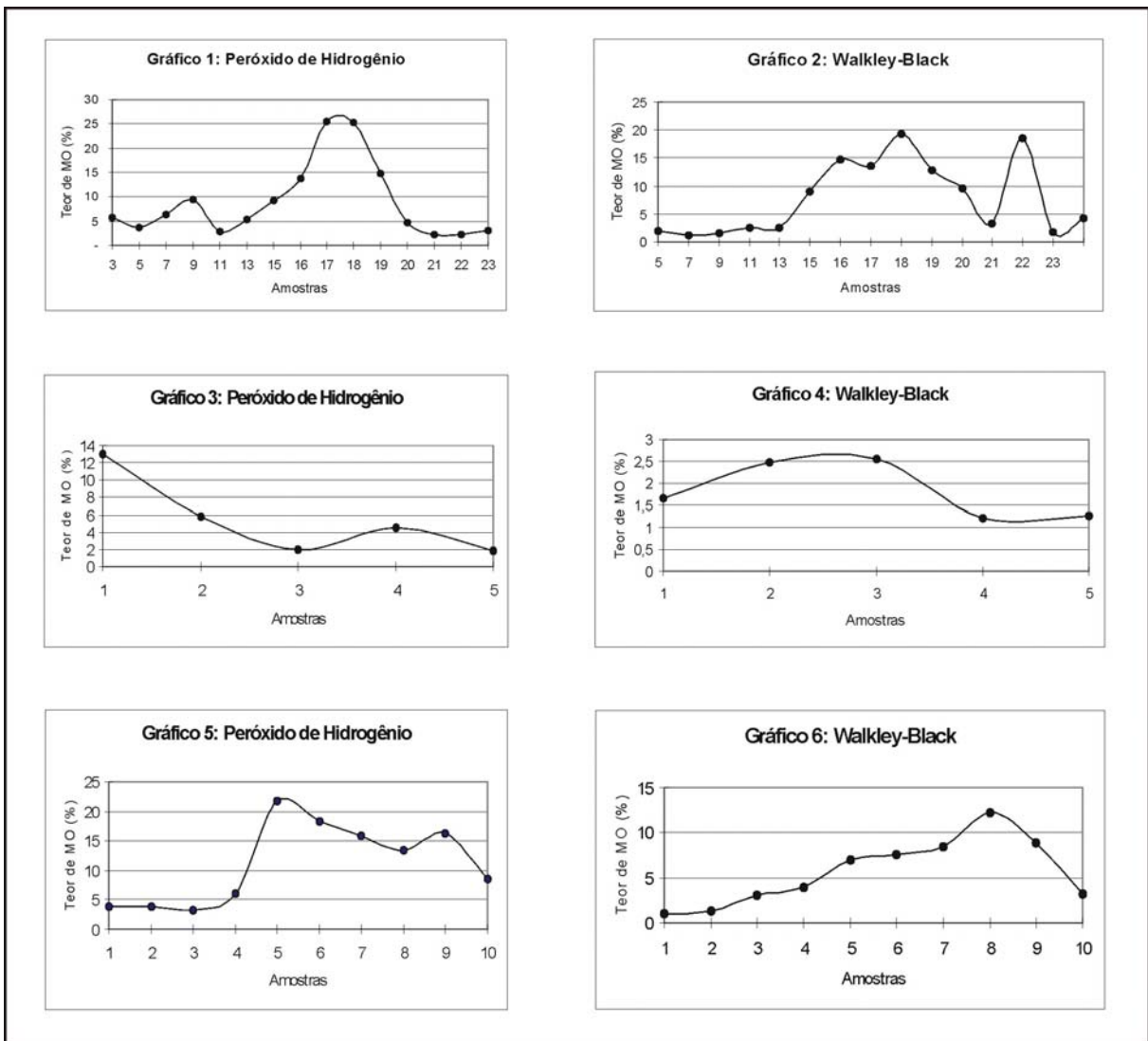


FIGURA 10 Gráfico 1 e 2, amostras da seção Vale Nordeste; Gráfico 3 e 4: amostras da seção da Cabeceira Sudoeste; Gráfico 5 e 6: amostras da seção Cabeceira Sudeste. Notar que os picos de matéria orgânica determinados com o método do peróxido de hidrogênio não correspondem aos picos determinados com o método Walkley-Black.

Esta diferença nos resultados pode ser atribuída ao fato de que os métodos utilizam agentes oxidantes diferentes (peróxido de hidrogênio, no primeiro e dicromato de potássio, no segundo). As reações ocorridas entre estas substâncias oxidantes e a matéria orgânica se processam de forma diferente. No caso do peróxido de hidrogênio a reação libera água e oxigênio retidos na amostras, essencialmente (SUGUIO, 1973), o que pode apresentar um problema em se

tratando de amostras muito higroscópicas ou amostras muito porosas, como amostras de lentes de areia ou de camadas coluviais. Estas amostras, em decorrência da água e oxigênio retidos, acusam teores elevados de matéria orgânica, uma vez que estes são determinados através da diferença de peso (peso inicial da amostra e peso final, após a queima). Já no método de Walkley-Black é utilizado como agente oxidante o dicromato de potássio em meio ácido, que reage diretamente com os compostos orgânicos presentes nos materiais, compostos que contribuem com 58% da massa total de matéria orgânica contida no solo (EMBRAPA, 1997). Desta forma, os resultados obtidos através do método da oxidação com peróxido de hidrogênio, por não terem apresentado boa correlação com os dados gerados através do método de Walkley-Black, definido como método mais confiável para caracterização da matéria orgânica, não serão considerados para as discussões apresentadas neste trabalho.

O quadro 4 apresenta os resultados deste ensaio com os dois métodos, para as amostras analisadas nesta seção.

Os resultados serão apresentados em grupos que foram definidos a partir da classificação quantitativa para carbono orgânico e matéria orgânica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (TOMÉ JR, 1997). Segundo esta definição a concentração de carbono orgânico e matéria orgânica é definida como baixa se os teores forem menores ou iguais a 1,4% e 2,5%, respectivamente. Se a concentração de carbono orgânico variar de 1,5 a 3% e a de matéria orgânica de 2,6 a 5,0%, é considerada média. A concentração é definida como alta se os teores de carbono orgânico excederem a 3,0% e os teores de matéria orgânica forem maiores que 5,0% (TOMÉ JR, 1997).

Quadro 4: Teores de carbono orgânico, matéria orgânica e classificação quantitativa para as amostras da Seção Cabeceira Sudeste.

Un.	Am.	Prof. (cm)	C (%)	MO (%) (Walkley-Black)	MO (%) (Peróxido de Hidrogênio)	Classificação Quantitativa
14	1	118	3,91	6,74	---	Alta
	2	128	4,07	7,02	7,17	Alta
13	3	138	3,47	5,99	9,08	Alta
12	4	148	1,36	2,35	6,51	Média
	5	156,5	1,02	1,75	4,59	Baixa
10	1	180	0,60	1,04	3,93	Baixa
9	2	190	0,79	1,36	3,87	Baixa
8	3	200	1,78	3,07	3,23	Média
	4	210	2,30	3,96	6,00	Média
	5	218,5	4,09	7,05	21,73	Alta
	6	228,5	4,37	7,53	18,22	Alta
	7	238,5	4,90	8,45	15,88	Alta
	8	248,5	7,08	12,22	13,50	Alta
	9	258,5	5,14	8,87	16,32	Alta
7	10	267	1,87	3,23	8,52	Média
1**	1	288	1,27	2,2	0,55	Baixa
	2	310	1,86	3,2	4,63	Média
	3	332	1,61	2,77	3,31	Média

Un.: Unidades; Am.: Amostras; Prof. : Profundidades; C: Carbono orgânico; MO: Matéria orgânica;
* A partir dos dados da coluna 5. **Amostras coletadas a 8,20 m do eixo do paleocanal na direção noroeste da seção.

As unidades 9 e 10 apresentam concentrações de carbono orgânico variando de 0,6 a 0,79% e concentração de matéria orgânica de 1,04 a 1,36%, o que permite classificá-las como unidades que apresentam concentrações baixas de carbono orgânico e conseqüentemente concentrações baixas de matéria orgânica.

A unidade 7 foi classificada como uma unidade que apresenta concentração média de carbono orgânico e matéria orgânica, pois apresenta 1,87% de carbono orgânico e 3,23% de matéria orgânica.

As unidades 1 e 12 apresentam concentrações de carbono orgânico variando de 1,02 a 1,86% e de matéria orgânica de 1,75 a 3,2%, o que permite classificá-las

como unidades que apresentam concentrações de média a alta, tanto de carbono orgânico como de matéria orgânica.

As unidades 8, 13 e 14 foram classificadas como unidades que apresentam concentrações altas tanto de carbono orgânico, como de matéria orgânica. Os dados de carbono orgânico nestas unidades variaram de 1,78 a 7,08% e os de matéria orgânica de 3,07 a 12,22%.

Analisando os gráficos de distribuição de matéria orgânica para esta seqüência estratigráfica (fig. 11) é possível notar que as unidades 1 e 14 apresentam concentração que tende a diminuir com o aumento da profundidade, padrão comum em horizontes pedológicos. Já na unidade 8 não é observada esta tendência, o que pode sugerir que o processo de formação desta unidade foi diferente. O padrão apresentado pela unidade 8 é semelhante ao padrão das turfeiras onde não há padrão claro de distribuição de matéria ao longo da unidade.

Estes resultados permitem estabelecer distinção entre as unidades minerais e as unidades com maior concentração de matéria orgânica. As unidades minerais, de forma geral, apresentam concentrações tanto de carbono orgânico, como de matéria orgânica, classificadas de baixa a média. Uma exceção a esta regra é representada pela unidade 13, que foi classificada como unidade com concentração alta de carbono orgânico e matéria orgânica devido, provavelmente, à contribuição de matéria orgânica da unidade subjacente (unidade 14), rica em matéria orgânica. Já nas unidades com maior concentração de matéria orgânica as concentrações variaram de média a alta.

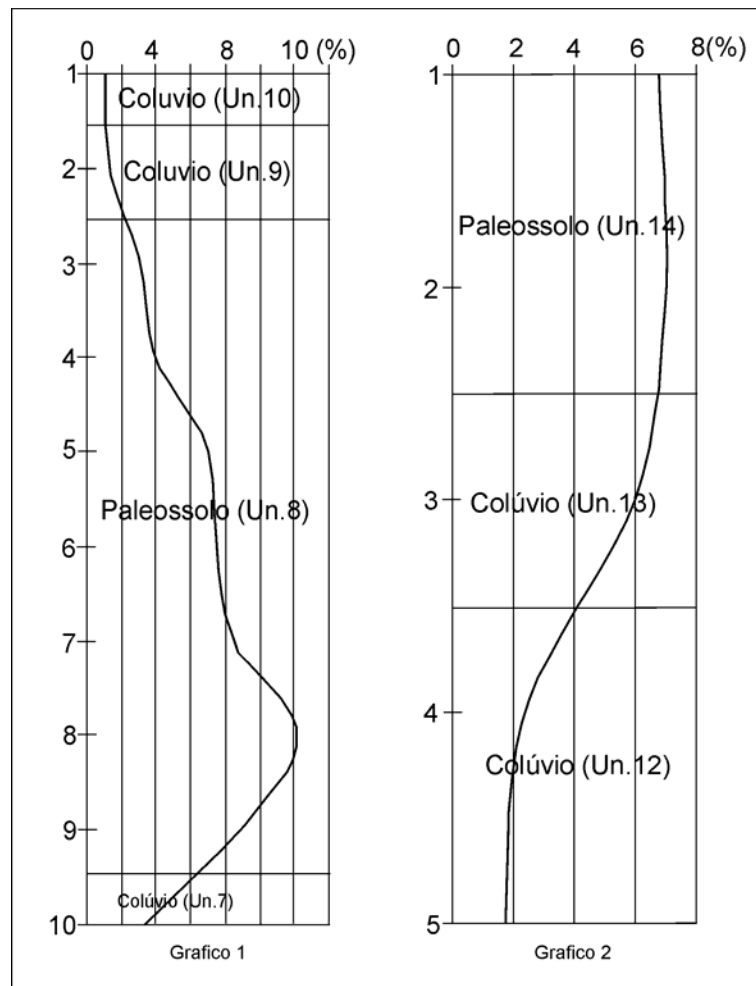


FIGURA 11 Distribuição dos teores de matéria orgânica, por amostras, para as unidades da Seção Cabeceira Sudeste. Gráfico 1: unidades de 7 a 10; Gráfico 2: unidades de 12 a 14.

5.1.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A

Com o objetivo de definir o tipo de horizonte A dos paleossolos e solos encontrados na área (unidades 8 e 14 da Seção Cabeceira Sudeste), procedeu-se à análise de saturação por bases. Este parâmetro, combinado a determinadas características físicas (cor, textura, estrutura pedológica, espessura) e químicas (teor

de matéria orgânica) dos materiais, torna possível a determinação do tipo de horizonte A. O horizonte A é definido como um horizonte diagnóstico e sua determinação auxilia a definição das classes de solo (OLIVEIRA et. al., 1992).

Os resultados destas análises e dos dados que foram úteis na determinação dos tipos de horizontes A são apresentados no quadro 5. Estes dados permitiram classificar os horizontes A encontrados nesta seção como horizontes A húmico.

De acordo com Oliveira et. al. (1992) o horizonte A húmico apresenta as seguintes características: a) horizonte mineral superficial espesso (40 a 50 cm); b) estrutura granular ou grumosa; c) bem desenvolvido; d) tonalidade escura; e) rico em matéria orgânica (>7,5%); f) baixa saturação de bases ($V\% < 50$). Já os horizontes A moderado possuem desenvolvimento pouco expressivo, são horizontes pouco espessos (18 a 20 cm), apresentam baixas concentrações de matéria orgânica (<2,5%) que se reflete em suas tonalidades mais claras.

Quando comparados os dados do quadro 5 com as características requeridas para a definição deste horizonte, encontrados na literatura consultada (OLIVEIRA et. al., 1992) é possível observar que os requisitos, de forma geral, são atendidos. Podendo-se desta forma estabelecer que as unidades 8 e 14 são horizontes A húmico, conforme as características abaixo:

- Tonalidades escuras, em decorrência dos altos teores de matéria orgânica: Estas unidades apresentaram cores de cinzenta muito escura a preta;
- Espessura de 40 a 50 cm: Estas unidades apresentam espessuras que variam de 22 a 67 cm;
- Matéria orgânica superior a 7,5%: Nestas unidades a concentração de matéria orgânica variou de 3,07 a 12,22%.

- Baixa saturação por bases ($V\% < 50$): Nestas unidades este parâmetro variou de 4,78 a 7,86.

As condições requeridas para a decomposição lenta de matéria orgânica e desenvolvimento de horizontes pedológicos espessos e ricos em matéria orgânica, como o horizonte A húmico, são locais de clima frio e/ou de altitudes elevadas, ou áreas deprimidas que possibilitem o acúmulo de água. Tais características ambientais estão contempladas na área onde esta seção foi levantada.

5.1.4 Datações

Dos três horizontes pedológicos encontrados nesta seção estratigráfica, dois já se encontram datados, os paleossolos referentes às unidades 8 e 14 (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998, OLIVEIRA et. al., 2001c). Por serem unidades ricas em matéria orgânica a técnica utilizada foi de datação pelo Carbono 14, as análises foram realizadas no Laboratório Beta Analytic Inc. (EUA).

A unidade 8 apresentou idade de 19.130 +/- 110 anos A.P. e a unidade 14 idade de 15.260 +/- 80 anos A.P.

5.1.5 Balanço Parcial

Os dados físicos (cor, textura ao tato, concentração de cascalhos e tipo de

contato) das unidades que compõem esta seqüência estratigráfica, assim como a geometria das unidades, apontam para presença de paleossolos (unidades 1, 8 e 14) intercalados com camadas coluviais (unidades 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13). A geometria das camadas coluviais (corpos lenticulares), os tipos de contato entre as unidades (especialmente contatos abruptos que são indicativos de eventos erosivos) e a textura evidenciam mudança nos fluxos hidrodinâmicos que atuaram na área, ao longo do tempo, passando de fluxos difusos, evidenciados pelas unidades 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13 a fluxos concentrados, exemplificados pela camada coluvial 15 cuja deposição está associada à erosão das camadas coluviais anteriormente depositadas, assim como dos dois horizontes pedológicos identificados (unidades 8 e 14).

A análise granulométrica para as amostras desta seção permitiu distinção clara entre as unidades essencialmente minerais, definidas como camadas coluviais (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998) e as unidades com maiores concentrações de matéria orgânica, definidas como paleossolos (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998). Nas camadas coluviais prevaleceram materiais com maior aporte de fração areia, classes texturais lama arenosa siltosa (C-III) e lama arenosa argilosa (C-IV) (26,9%, para cada classe). Já nos horizontes pedológicos, paleossolos, predominaram as classes texturais lama levemente arenosa muito siltosa (D-II) (31,25%) e lama arenosa siltosa (C-III) (18,75%), classes com maior concentração de materiais finos (especialmente silte) em decorrência do desenvolvimento de perfil pedológico. Uma exceção a este padrão nos horizontes pedológicos no que se refere aos dados da análise granulométrica é apresentada pela unidade 1. Esta unidade apresentou como classe textural predominante a classe silte argilosa (E-III) (66,67%).

O grau de seleção obtido a partir da distribuição das frações granulométricas permite diferenciar claramente as camadas coluviais dos horizontes pedológicos. Nas camadas coluviais o grau de seleção foi definido como muito pobremente selecionado, já nos horizontes pedológicos a classe predominante foi a moderadamente selecionada (68,75%). Este padrão é típico de sedimentos gerados em áreas de cabeceiras de vale, os quais se constituem de materiais grossos e mal selecionados. Já os horizontes pedológicos apresentam predomínio de materiais

com fração fina, especialmente silte com grau de seleção moderadamente selecionado, o que pode ser atribuído à atividade pedogenética. Esta distinção entre as camadas coluviais e horizontes pedológicos fica evidenciada pela análise do diagrama de Flemming para as amostras desta seção. As amostras acham-se dispostas radialmente em banda relativamente larga, em áreas diferentes do diagrama, partindo das classes areia lamosa (B, 25-50% lama) a lama (E, >95% lama), indicando a atuação de fluxos de energia variável.

Os dados das análises químicas (teor de matéria orgânica e análise de saturação por bases) permitiram estabelecer os tipos de horizontes A encontrados na área da seção. A partir da determinação dos tipos de horizonte A, as condições ambientais nas quais estes horizontes foram gerados podem ser estimadas. Dois dos três horizontes pedológicos encontrados na área (unidades 8 e 14) foram classificados como horizontes A húmico (unidades 8 e 14). Estes horizontes são formados em áreas de climas frios com altitudes elevadas.

As datações obtidas para as unidades 8 e 14 desta seção estão correlacionadas a eventos globais e hemisféricos (OLIVEIRA et. al., 2001c). A unidade 8, formada há aproximadamente 20.000 anos A.P., apresenta idade correlacionável ao Último Máximo Glacial (tanto no Hemisfério Sul, como no Hemisfério Norte). A unidade 14 foi formada há aproximadamente 15.000 anos A.P., sua idade é correlacionável ao final do aquecimento que inicia a Inversão Antártica, no Hemisfério Sul, associada ao período de transição entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno. Estes períodos correspondem a condições ambientais nas quais, em princípio, as temperaturas se encontravam abaixo das temperaturas atuais.

5.2 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA CABECEIRA SUDOESTE

5.2.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais

Esta seção (fig. 12 e 13) está inserida em área de encosta próxima aos divisores de água (em área de cabeceira de vale) e possui 22,4 m de extensão. Trata-se de seção adjacente (a sudoeste) àquela estudada inicialmente por Oliveira e Pereira (1998) e Lima (2002), Seção Cabeceira Sudeste, apresentada no item 5.1.



FIGURA 12 Vista parcial da Seção Estratigráfica Cabeceira Sudoeste. (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira, setembro de 2003)

Na fig. 13 é apresentado desenho esquemático desta seção.

Partindo da rocha matriz, foram individualizadas 15 unidades a partir de características físicas como: cor da matriz; concentração e tamanho dos cascalhos; textura ao tato, tipo de estrutura pedológica e tipo de contato.

Observando a fig. 13, pode-se apreender que as unidades estão dispostas conforme três níveis topográficos locais que mudaram ao longo do período de desenvolvimento da seqüência.

O primeiro nível topográfico é definido pela rocha matriz e elúvio (unidade 1), que apresenta geometria convexa, como pode ser observado no centro da fig. 13. As unidades 2, 3 e 4 acompanham esta convexidade. Note-se que as unidades 2 e 3 se distribuem de forma contínua na seção, no entanto a unidade 4, como sugerido pela figura 6, foi truncada em vários pontos, estando visível somente no centro da seção.

A partir da unidade 4, observa-se mudança no sentido da disposição das unidades. A geometria das unidades 5, 6, 7, 8, 9 e 10 sugere corpos lenticulares que se depositaram preferencialmente no sentido nordeste da seção. A deposição destas unidades promoveu nova mudança no nível topográfico local, orientando, preferencialmente, a disposição das unidades (11, 12, 13 e 14) no sentido sudoeste da seção, acompanhando o caimento da encosta atual.

A unidade 15, o horizonte A atual, como pode ser observado na fig.13, se distribui de forma contínua em toda a seção. Apresenta-se paralela à superfície topográfica atual.

As características físicas que possibilitaram definir estas unidades são apresentadas no quadro 6.

Analisando os dados apresentados no quadro 6, observa-se que as tonalidades dos materiais da seção são predominantemente escuras (cores brunadas). No entanto, é possível estabelecer distinção entre os materiais essencialmente minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14) e os que possuem maior teor de matéria orgânica (unidades 2, 4, 13 e 15). As unidades minerais, apresentam cores que variam de bruna avermelhada clara (5YR6/3, úmida) a bruna amarelada clara (10YR6/4, úmida). Já as unidades com maior concentração de matéria orgânica exibem cores que variam de bruna amarelada (10YR3/4, úmida) a preta (10YR2/1, úmida).

A concentração de cascalhos foi outro parâmetro importante para distinção entre materiais essencialmente minerais e materiais com maior concentração de matéria orgânica. Os materiais minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14) apresentam, de modo geral, concentração de cascalhos superior a 10%, atingindo em determinadas unidades até 70% (unidade 1). As dimensões variam de 2 a 196 mm. Nos materiais com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 4, 13 e 15) a concentração de cascalhos não excede a 1%, com tamanhos que partem de 3 até 160 mm. Na unidade 4, contudo, observa-se maior concentração de cascalhos, em torno de 40%. Esta diferença de concentração pode ser atribuída ao retrabalhamento, e posterior inclusão de cascalhos à matriz desta unidade pela deposição das unidades 11 e 12.

A textura ao tato foi outro dado importante para diferenciação das unidades. Nas unidades minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14) predominam as classes texturais franco siltosa e franco arenosa. Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 4, 13 e 15) prevalecem as classes argila siltosa a franco siltosa.

Os tipos de estrutura pedológica obtidos para esta seção foram: bloco, subangular (unidades 1, 2, 5 e 9) e granular (unidades 3, 6, 10, 10' e 15), predominado a primeira classe. As unidades que não apresentaram estrutura (unidade 8) foram definidas como maciça.

Como pode ser observado no quadro 6, os contatos descritos na seqüência variam de abrupto a gradual. No contato entre as unidades minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 15) prevalecem as classes de claro a gradual. Os contatos (sobrejacentes) entre as unidades de maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 4, 13 e 15) e as unidades minerais (unidades 3 e 5) são definidos como abruptos. No contato subjacente entre estas mesmas unidades o contato varia de claro a gradual.

Nas unidades 10 e 14, unidades essencialmente minerais, é possível observar lâminas de materiais mais finos (chamadas no quadro 6 de unidades 10' e 14') intercalados com lâminas de materiais mais grossos. O que aponta para mudança de fluxos durante a deposição destas unidades.

5.2.2 Análise Granulométrica

A partir da distribuição granulométrica das partículas, foi possível determinar, com o auxílio do programa Anased (LIMA, 1999), dentre outros parâmetros estatísticos, o grau de dispersão ou espalhamento, calculado a partir do desvio padrão que determina o grau de seleção dos materiais. Além deste parâmetro, a distribuição granulométrica das partículas foi útil para classificação textural dos materiais a partir do diagrama de Flemming (2000).

Foram selecionadas 36 amostras para a realização deste ensaio, englobando 8 das 15 unidades individualizadas. A distribuição das frações granulométricas (fig. 14), o significado dos dados estatísticos, obtidos através desta distribuição, e as classes texturais segundo Flemming (2000) podem ser observadas no quadro 7.

O grau de seleção, definido pelo desvio padrão, ocupou as classes: moderadamente selecionada, pobremente selecionada e muito pobremente selecionada. Com predominância da classe muito pobremente selecionada.

Os tipos de sedimentos encontrados, conforme quadro 7, foram lama arenosa (50-75% lama), lama levemente arenosa (75-95% lama) e lama (>95% lama), com as seguintes classes texturais: lama arenosa extremamente siltosa (C-I), lama arenosa muito siltosa (C-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama arenosa argilosa (C-IV), lama levemente arenosa muito siltosa (D-II), lama levemente arenosa siltosa (D-III), lama levemente arenosa argilosa (D-IV) e silte argilosa (E-III). Predominando as classes lama arenosa siltosa (C-III) e lama arenosa argilosa (C-IV).

A unidade 1 apresentou classes texturais variando de lama arenosa muito siltosa (C-II) a lama levemente arenosa argilosa (D-IV), com tendência a classes mais fina em direção ao topo da unidade. As classes predominantes são: lama arenosa argilosa (C-IV), com 37,5% das amostras e lama arenosa siltosa (C-III) e lama levemente arenosa argilosa (D-IV), com 25% das amostras. O grau de seleção foi definido como muito pobremente selecionado (100% das amostras).

Na unidade 2 predominam as classes lama arenosa argilosa (C-IV), com 45,4% do total das amostras e lama levemente arenosa siltosa (D-III), com 27,2% do total das amostras. O grau de seleção predominante nesta unidade é a classe muito pobremente selecionada com 72,7% das amostras. Analisando o gráfico com a distribuição das frações granulométricas para esta unidade, fig. 15, observa-se o predomínio da fração silte em comparação com as outras frações, sobretudo em direção ao topo desta unidade, o que pode evidenciar perda de argila para as camadas abaixo em função da pedogênese desta unidade.

A unidade 3 ocupa a classe textural lama arenosa siltosa (C-III). Em direção ao topo da unidade os materiais ocupam classe textural mais fina, sendo definida como lama arenosa argilosa (C-IV). O grau de seleção foi definido como muito pobremente selecionado.

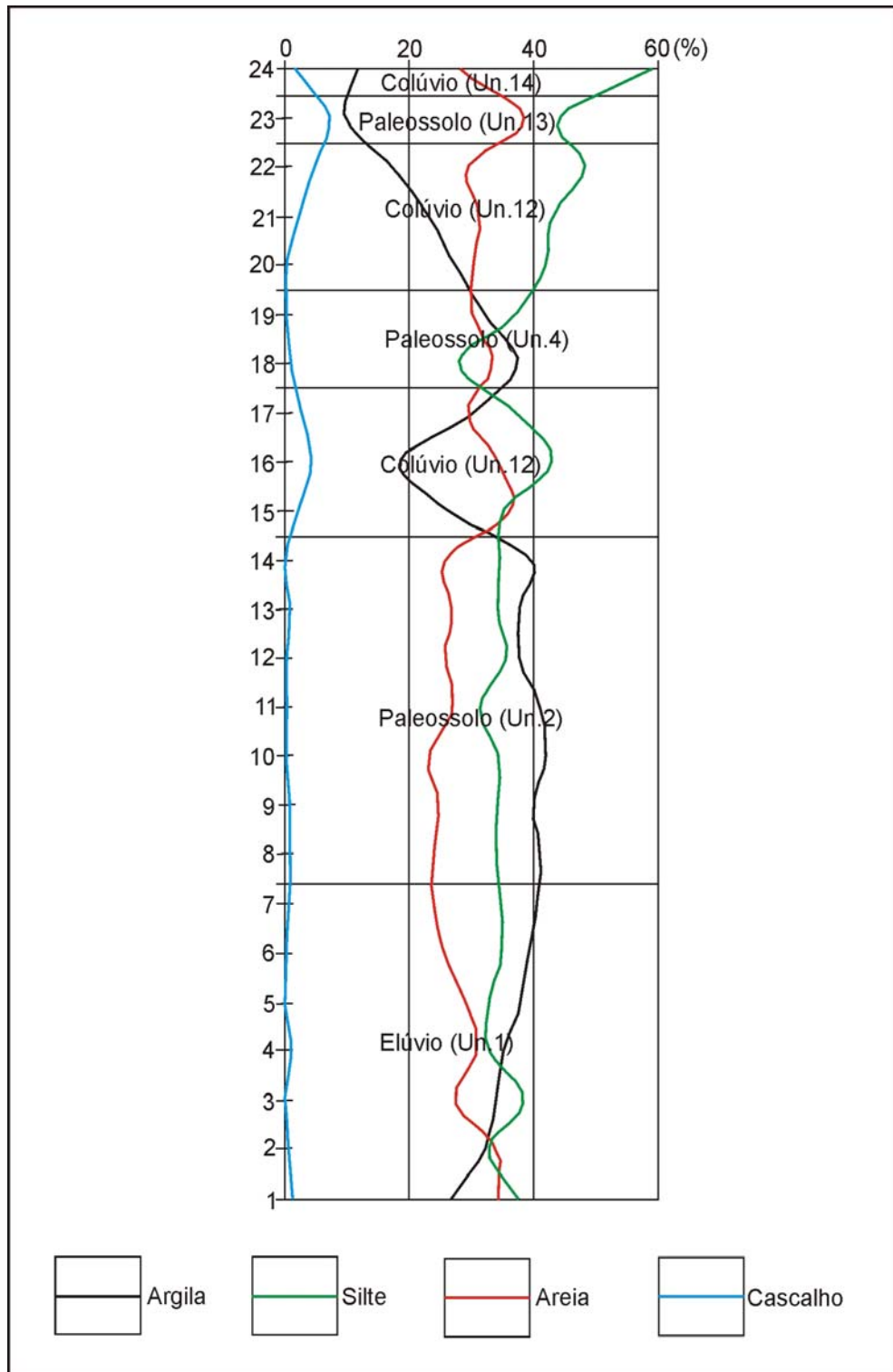


FIGURA 14 Distribuição das frações granulométricas para as amostras da Seção Cabeceira Sudoeste, o local das amostras está indicado na fig. 13 (p. 54).

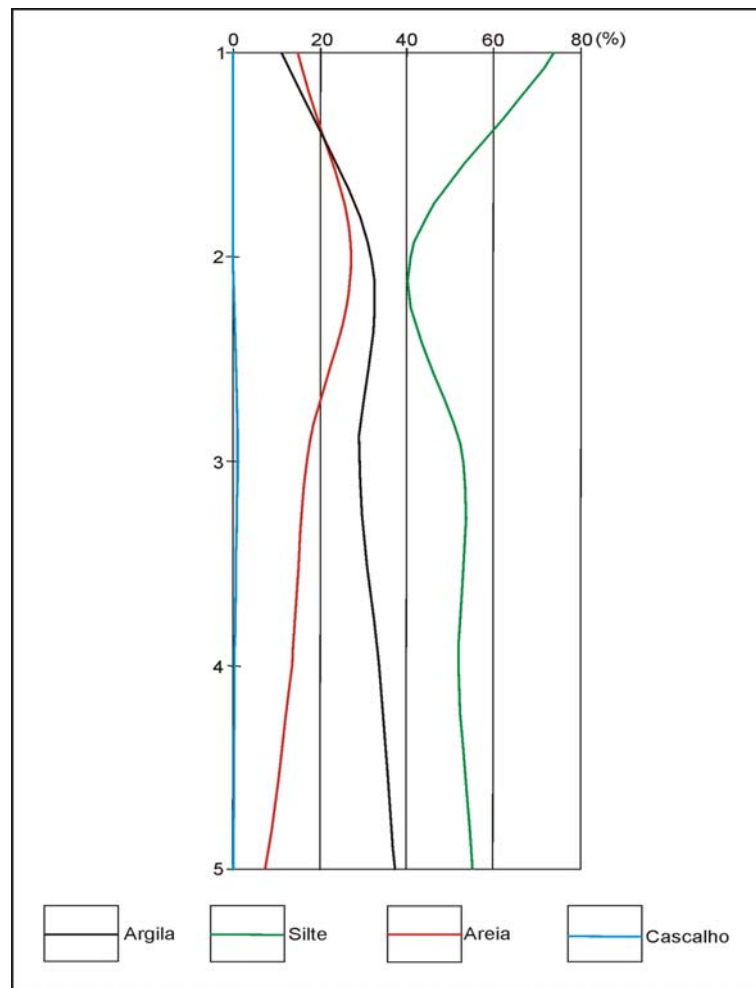


FIGURA 15 Distribuição das frações granulométricas para a unidade 2, o local de coleta das amostras está indicado na fig. 13 (p. 54).

A unidade 4 apresenta classe textural lama arenosa siltosa (C-III). O grau de seleção é classificado como muito pobremente selecionado.

A unidade 12 ocupa a classe textural lama arenosa siltosa (C-III). O grau de seleção é classificado como muito pobremente selecionado.

Na unidade 13 prevalecem as classes texturais lama arenosa muito siltosa (C-II), com 33,3% do total das amostras e lama arenosa siltosa (C-III), com 33,3% do total das amostras. O grau de seleção predominante é a classe muito pobremente selecionada, com 66,7% do total das amostras. Observando a fig. 16 que apresenta a distribuição das frações granulométricas para esta unidade, fica evidenciado a

maior concentração de cascalho, em comparação com as demais unidades que compõem a seqüência. No entanto, esta mesma unidade também apresenta as maiores concentrações de silte da seqüência e as menores concentrações de argila. A maior concentração de silte e a diminuição nos teores de argila pode ser evidência de atividade pedogenética nesta unidade. A presença de cascalhos pode ser indicativa de retrabalhamento desta unidade, pela unidade 14.

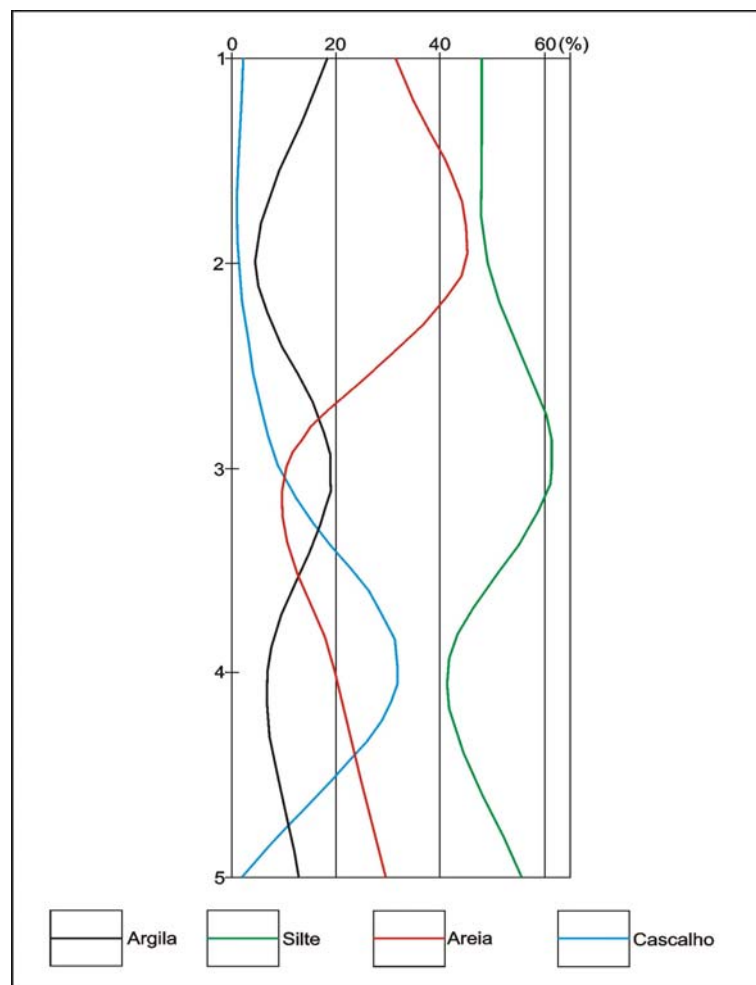


FIGURA 16 Distribuição das frações granulométricas para a unidade 13, o local de coleta das amostras está indicado na fig. 13 (p. 54).

A unidade 14 foi classificada como lama arenosa muito siltosa (C-II). O grau de seleção varia de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado.

A unidade 15, correspondente ao solo atual, ocupa a classe textural lama levemente arenosa siltosa (D-III). O grau de seleção é definido como muito pobremente selecionado.

Pode-se observar, a partir desta descrição, que as unidades minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14) contemplam as seguintes classes texturais: lama arenosa muito siltosa (C-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama arenosa argilosa (C-IV) e lama levemente arenosa argilosa (D-IV), com o predomínio da classe lama arenosa siltosa (C-III), com 52,9% do total das amostras, seguida pela classe lama arenosa argilosa (C-IV), com 23,5% do total das amostras, classes com maior concentração da fração areia.

Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 4, 13 e 15) observa-se número maior de classes, se comparado com as amostras de materiais minerais. As classes são as seguintes: lama arenosa extremamente siltosa (C-I), lama arenosa muito siltosa (C-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama arenosa argilosa (C-IV), lama levemente arenosa muito siltosa (D-II), lama levemente arenosa siltosa (D-III) e lama levemente arenosa argilosa (D-IV). Predominam as classes lama arenosa argilosa (C-IV), com 26,32% do total das amostras, seguida pelas classes lama arenosa siltosa (C-III) e lama levemente arenosa siltosa (D-III), com 21,1% do total das amostras para cada classe.

No conjunto da seqüência, em relação ao grau de seleção, predomina a classe muito pobremente selecionada, ocorrendo em 76,9% do total das amostras.

5.2.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming

A fig. 17 apresenta a aplicação do diagrama para as amostras desta seção. Observa-se nesta figura, padrão que se aproxima daquele representado pelo

diagrama elaborado para a seção estratigráfica anteriormente descrita (fig. 9, p.41). As amostras das unidades minerais ocuparam a parte central do diagrama, indicando materiais do tipo lama arenosa (C, 50-75% lama) e lama levemente arenosa (D, 75-95% lama), classes que apresentam concentrações importantes de materiais com dimensões maiores ou iguais que a fração areia (maiores que 0,062 mm), podendo atingir até 50%. Do total das amostras originadas das unidades minerais 43,5% ocuparam a classe lama arenosa siltosa (C-III), que indica concentração maior de lama em relação à concentração de frações com tamanhos iguais ou superiores a areia (maiores que 0.062 mm). Já nas unidades com maiores concentrações de matéria orgânica, as amostras apresentaram tendência a se concentrarem próximas ao eixo argila, indicando materiais do tipo lama arenosa (C, 50-75% lama) e lama levemente arenosa (D, 75-95% lama). Do total das amostras analisadas para as unidades com maior concentração de matéria orgânica, 36,8% foram definidas como lama levemente arenosa (D, 75-95% lama). As demais amostras, apesar de ocuparam a classe lama arenosa (C, 50-75% lama), acham-se no limite com os materiais do tipo lama levemente arenosa (D, 75-95% lama), sugerindo diminuição da fração areia e aumento das frações finas (silte e argila). A presença da fração areia nas unidades que apresentam maiores concentrações de matéria orgânica pode ser atribuída tanto à própria característica destes materiais, definidos como horizontes A húmico e A moderado, conforme exposto no item 5.2.3.2, nos quais a textura franco arenosa é comum, quanto à localização das amostras, situadas nas áreas de transição com as unidades minerais, que poderiam ter incorporado a estes horizontes frações grossas durante a sua deposição.

Este padrão na distribuição das amostras já havia sido evidenciado no trabalho de Lima (2002), o que reforça a aplicabilidade deste sistema de classificação para sedimentos gerados a partir de fluxos variados.

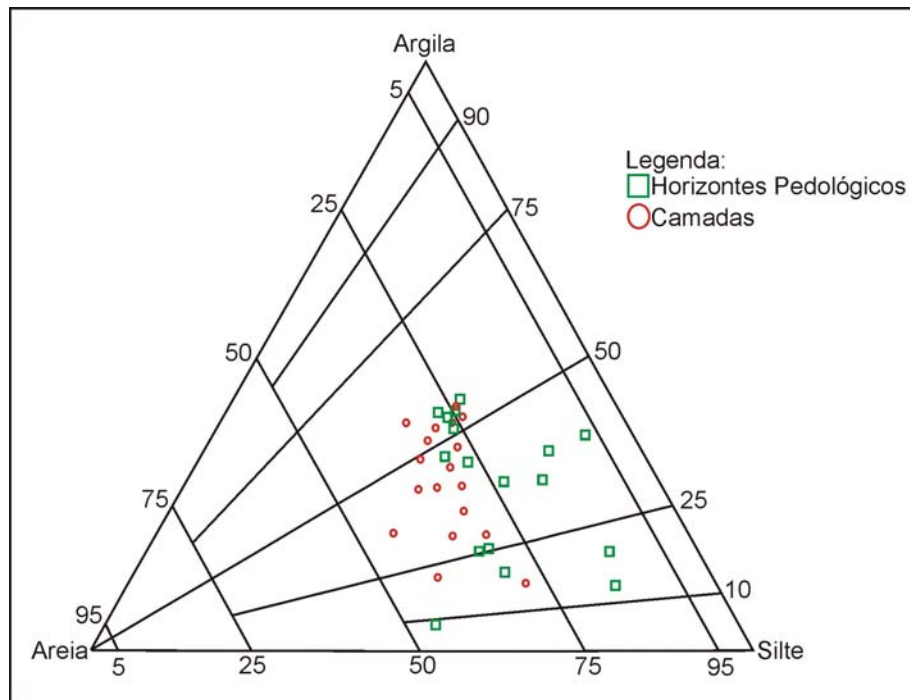


FIGURA 17 Diagrama de Fleming para as amostras da Seção Cabeceira Sudoeste.

5.2.3 Análise Química

5.2.3.1 Determinação Teor de Matéria Orgânica

Foram submetidas a este ensaio um total de 32 amostras, englobando 4 das 15 unidades (unidades 2, 13, 14 e 15). O quadro 8 apresenta os resultados deste ensaio com os dois métodos, para esta seção. Os resultados a exemplo da seção anteriormente descrita serão apresentados em grupos, conforme a classificação

quantitativa para carbono orgânico e matéria orgânica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (TOMÉ JR, 1997).

Quadro 8: Teores de carbono orgânico, matéria orgânica e classificação quantitativa para as amostras analisadas da Seção Cabeceira Sudoeste.

Un.	Am.	Prof. (cm)	C (%)	MO (%) (Walkley-Black)	MO (%) (Peróxido de Hidrogênio)	Classificação Quantitativa*
15	1	20	7,87	13,58	11,76	Alta
	2	60	8,19	14,09	---	Alta
	3	100	2,8	4,83	---	Média
14	1	215	1,39	2,4	2,34	Média
13	1	158	5,25	9,06	1,77	Alta
	2	168	5,59	9,62	9,91	Alta
	3	178	5,56	9,59	6,29	Alta
	4	188	1,82	9,45	6,39	Alta
	5	198	1,79	3,09	5,13	Média
2	1	188	0,96	1,66	12,94	Baixa
	2	198	1,43	2,47	5,84	Baixa
	3	208	1,48	2,54	2,03	Média
	4	218	0,71	1,22	4,56	Baixa
	5	228	0,73	1,26	1,86	Baixa

Un.: Unidades; **Am.:** Amostras; **Prof. :** Profundidades **C:** Carbono orgânico; **MO:** Matéria orgânica; *Classificação quantitativa a partir dos dados da coluna 5. O local das coletas está indicado na fig. 13 (p. 54).

A fig. 18 apresenta a distribuição dos teores de matéria orgânica desta seção estratigráfica.

A unidade 14 foi classificada como uma unidade que apresenta concentração média de carbono orgânico e matéria orgânica. O teor de carbono orgânico determinado para esta unidade foi 1,39% e a concentração de matéria orgânica obtida foi 2,4%.

A unidade 2 é definida como uma unidade que apresenta concentração de baixa à média de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores variam de 0,71 a 1,48% de carbono orgânico e de 1,22 a 2,54% de matéria orgânica.

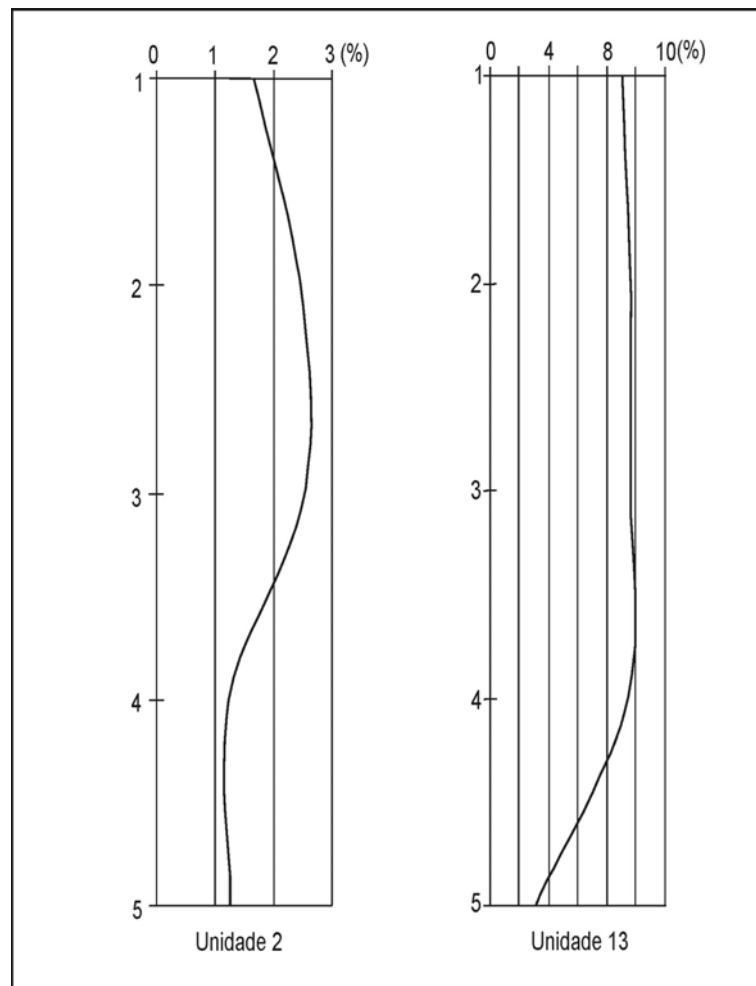


FIGURA 18 Distribuição dos teores de matéria orgânica, por amostras, para as unidades da Seção Cabeceira Sudoeste.

As unidades 13 e 15 são classificadas como unidades com concentração de média a alta de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores oscilam entre 1,79 a 8,19% de carbono orgânico e 3,09 a 14,09% de matéria orgânica.

Os resultados apresentados demonstram que a unidade mineral ocupa as classes de baixa e média concentração de carbono orgânico e matéria orgânica. Já nas unidades, onde se esperava maiores concentrações de matéria orgânica, são obtidas as classes de média a alta concentração de carbono orgânico e matéria orgânica, com predomínio desta última. Possibilitando desta forma, uma distinção entre a unidade mineral (unidade 14) e unidades onde se esperava maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 13 e 15).

Nos gráficos das unidades 2 e 13 observados na fig. 18 observa-se tendência à diminuição nos teores de matéria orgânica em direção a base das unidades, padrão peculiar em horizontes pedológicos, nos quais a maior concentração de matéria orgânica (em diferentes graus de decomposição) é observada no topo do horizonte.

5.2.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A

Foram coletadas amostras das unidades 2, 13 e 15 desta seção com a finalidade de definir os tipos de horizontes A para estes paleossolos.

Os resultados destas análises e os dados que foram úteis na determinação dos tipos de horizontes A são apresentados no quadro 9. Os dados permitem classificar os horizontes A encontrados na seção como horizontes A húmico e A moderado.

Como exposto no item 5.1.3.2, o horizonte A húmico apresenta as seguintes características: a) horizonte mineral superficial espesso (40 a 50 cm); b) estrutura granular ou grumosa; c) bem desenvolvido; d) tonalidade escura; e) rico em matéria orgânica (>7,5%); f) baixa saturação de bases ($V\% < 50$). Já os horizontes A moderado possuem desenvolvimento pouco expressivo, são horizontes pouco espessos (18 a 20 cm), apresentam baixas concentrações de matéria orgânica (<2,5%) que se reflete em suas tonalidades mais claras (OLIVEIRA et al., 1992).

Quando comparados os dados do quadro 9 com as características requeridas para a definição destes horizontes (A húmico e A moderado) encontrados na literatura consultada (OLIVEIRA et. al., 1992) é possível observar que os requisitos, de forma geral, são atendidos. Podendo desta forma, estabelecer que as unidades 13 e 15 tratam-se de horizontes A húmico, conforme as características abaixo:

- Tonalidades escuras, em decorrência dos altos teores de matéria orgânica: Estas unidades apresentaram cores de bruna escura a preta;
- Espessura de 40 a 50 cm: Estas unidades apresentam espessuras que variam de 10 a 170 cm;
- Matéria orgânica superior a 7,5%: Nestas unidades a concentração de matéria orgânica variou de 3,09 a 14,09.
- Baixa saturação por bases ($V\% < 50$): Nestas unidades este parâmetro variou de 10,09 a 15,37.

Os dados da unidade 2, quando comparados com os requisitos apresentados na literatura consultada (OLIVEIRA et. al., 1992) para a determinação do tipo de horizonte A, permitem defini-la, de forma geral, como horizonte A moderado, conforme as características abaixo:

- Tonalidades mais claras em função dos baixos teores de matéria orgânica: Esta unidade exibiu cor bruna;
- Espessura de 18 a 20 cm: Esta unidade apresenta de 12 a 65 cm;
- Matéria orgânica $< 2,5\%$: Esta unidade apresentou teores de matéria orgânica variando de 1,22 a 2,54%.

Como mencionado anteriormente no item 5.1.3.2 as condições requeridas para a decomposição lenta de matéria orgânica e desta forma o desenvolvimento de horizontes pedológicos espessos e ricos em matéria orgânica, como horizonte A húmico e A proeminente, são locais de clima frio e/ou de altitudes elevadas ou, áreas deprimidas que possibilitem o acúmulo de água. Tais características estão contempladas na área onde esta seção foi levantada. Já o horizonte A moderado, também encontrado na área, não é comum em tais condições ambientais e sua

ocorrência pode sugerir que as condições ambientais na época em que houve o seu desenvolvimento diferiam das condições atuais ou o horizonte A original, possivelmente A húmico ou A proeminente, tenha sido erodido.

5.2.4 Datações

Para facilitar o trabalho de correlação estratigráfica, que auxiliaria na caracterização paleoambiental da área, foi submetida à análise para determinação da idade, uma amostra da unidade 14.

Por tratar-se de uma unidade mineral, o método utilizado foi o método de datação por Luminescência. Este método utiliza minerais, especialmente quartzo e feldspato, capazes de registrar exposição à radiação ionizante do ambiente. Os elétrons produzidos pela ionização podem ficar retidos na rede cristalina do mineral por centenas e até milhares de anos. Este processo de reorganização é acompanhado pela emissão de luz e é chamado de luminescência. Quando o mineral é novamente exposto à luz ou aquecido, os elétrons retidos na rede cristalina retornam aos átomos aos quais estavam ligados. A intensidade da luz emitida é medida, sendo proporcional ao número de elétrons retidos, que por sua vez é proporcional à dose total da radiação ionizante recebida pelo mineral (tempo durante o qual o mineral ficou exposto à radiação ionizante) (SUGUIO, 1999).

Nos depósitos sedimentares, como a unidade 14, a carga responsável pela luminescência é “zerada” durante a deposição antes do soterramento. Pressupõe-se que durante a remoção, transporte e deposição do sedimento, os elétrons retidos nos cristais dos minerais são reduzidos ou removidos (PEIXOTO et. al., 2003).

A determinação da idade, através do método da luminescência, para a amostra da unidade 14 não foi possível. A explicação apresentada pelo laboratório

responsável pela análise, Laboratório de Vidros e Datação – Labvidros (FATECSP, São Paulo), foi que o cristal de quartzo utilizado na análise estava saturado, não fornecendo sinal de luminescência.

No entanto, a partir das características físicas e dos resultados das análises químicas (teor de matéria orgânica e saturação por bases) foi testada a correlação entre os horizontes pedológicos definidos nesta seção e os horizontes pedológicos da Seção Cabeceira Sudeste que já se encontram datados. A correlação foi testada entre os horizontes pedológicos, referentes as unidades 2 e 13, desta seção e do horizonte pedológico, referente a unidade 14 da Seção Cabeceira Sudeste, por tratarem-se de unidades das quais se dispunham de um mesmo número de amostras. O índice de correlação entre as unidades 13 desta seção e unidade 14 da Seção Cabeceira Sudeste é de 0,98. Tal índice reforça as semelhanças tanto físicas, como químicas que permitiram classificar estes dois horizontes, como horizontes A húmico.

5.2.5 Balanço Parcial

Os dados físicos (cor, textura ao tato, concentração de cascalhos e tipo de contato) das unidades que compõem esta seqüência estratigráfica e a geometria das unidades, apontam para presença de paleossolos (unidades 2, 4, e 13) intercalados a camadas coluviais (unidades 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14) que foram responsáveis tanto pela erosão de horizontes pedológicos e camadas coluviais pré-existentes, como pela mudança do nível topográfico local, ao longo do período de evolução da seqüência. A geometria das camadas coluviais (corpos lenticulares), os tipos de contatos entre as unidades (especialmente contatos abruptos que são indicativos de eventos erosivos) e textura evidenciam mudança nos fluxos hidrodinâmicos que atuaram na área, ao longo do tempo, passando de fluxos concentrados (camadas coluviais de 5 a 14) a fluxos difusos evidenciados pelas

unidades 10' e 14'.

A análise granulométrica para as amostras desta seção permitiu distinção entre as unidades essencialmente minerais, definidas como camadas coluviais e as unidades com maiores concentrações de matéria orgânica, definidas como paleossolos. Nas camadas coluviais prevaleceram materiais com maior aporte de fração areia, classes texturais lama arenosa siltosa (C-III) (52,94%) e lama arenosa argilosa (C-IV) (23,53%). Já nos horizontes pedológicos predominaram as classes texturais lama arenosa argilosa (C-IV) (26,32%) e lama levemente arenosa siltosa (D-III) lama arenosa siltosa (C-III) (21,05%, em cada uma destas últimas classes), classes com maior concentração de materiais finos (especialmente silte) em decorrência do desenvolvimento de horizonte pedológico.

No conjunto da seção, as unidades apresentaram grau de seleção muito pobremente selecionado (76,9%). Característica comum a materiais gerados em ambiente de encosta onde predominam materiais lamosos com baixo grau de seleção, devido à natureza dos fluxos hidrodinâmicos que não são capazes de promover seleção granulométrica.

A aplicação do diagrama de Flemming para as amostras analisadas desta seção permitiram a inferência dos regimes hidrodinâmicos que atuaram na área durante a evolução desta seqüência. Analisando o diagrama observa-se padrão semelhante àquele demonstrado no trabalho de Lima (2002), onde as amostras originadas de camadas coluviais ocuparam a parte central do diagrama, em banda relativamente larga, indicando fluxos capazes de carrear materiais com frações iguais ou superiores a fração areia (maiores que 0,062 mm), embora as amostras dos horizontes não tenham ocupado uma área preferencial no diagrama como pode ser observado no trabalho de Lima (2002). Esta diferença, no que se refere à distribuição das amostras dos horizontes pedológicos pode ser atribuída ao mau desenvolvimento destes horizontes pedológicos em comparação aos horizontes desenvolvidos na Seção Cabeceira Sudeste.

Os dados das análises químicas (teor de matéria orgânica e análise de

saturação por bases) foram essenciais na definição de quais unidades se tratavam de horizontes pedológicos e posteriormente à quais tipos de horizontes A correspondiam estes horizontes. A partir da determinação dos tipos de horizonte A, pode-se inferir informações acerca das condições ambientais em que estes horizontes foram gerados. De forma geral, horizontes A húmico (unidades 13 e 15) são formados em áreas de climas frios com altitudes elevadas. Já os horizontes A moderado (unidade 2) não são comuns em climas frios. A ocorrência deste tipo de horizonte na área pode indicar clima menos frio que o atual ou erosão, que provocou o desaparecimento do horizonte A original que poderia ser húmico ou proeminente.

Apesar de não ter sido possível a determinação da idade da unidade 14 que auxiliaria o trabalho de cunho crono-estratigráfico, a correlação entre os horizontes pedológicos da Seção Cabeceira Sudeste, já datados e os horizontes pedológicos da Seção Cabeceira Sudoeste permitem tanto inferir uma possível ordem cronológica para os eventos responsáveis pela formação desta seqüência, como correlacionar os eventos ocorridos nestas duas cabeceiras ao longo do tempo.

5.3 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA VALE NORDESTE

5.3.1 Levantamento Estratigráfico e Características Físicas dos Materiais

Esta seção (fig. 19 e 21) está situada em terraço aluvial a 515 m à jusante da seção anteriormente descrita. Este terraço foi formado, provavelmente, pela retenção de aluviões a montante de nível de base local (fig. 20). O terraço pode ser

observado no centro da fig. 19 como área horizontal, delimitada de um lado por rampa (lado esquerdo da fig. 19) e do outro por área com vegetação (mata galeria) na qual se encontra o canal fluvial (lado direito da fig. 19). O local da seção estratigráfica está indicado na fig. 2 (p.9). Um esboço desta seção está indicado na fig. 21.



FIGURA 19 Vista parcial do pequeno terraço aluvial. (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira, abril de 2003).

A seção possui 14,25 metros de comprimento. As primeiras sondagens foram realizadas nos pontos extremos da seção, ou seja, no sopé da rampa que limita o terraço até próximo a calha fluvial. Em função da rápida mudança lateral das unidades, o espaçamento entre as sondagens variou de 0,5 a 1.5 m.

Partindo do manto de alteração, foram individualizadas 19 unidades a partir de características físicas como cor da matriz, ocorrência e tamanho dos cascalhos, textura ao tato, tipo de estrutura pedológica e tipo de contato. Um esboço da seção é apresentado na figura 17.

O manto de intemperismo aparece na parte mais profunda a 3 m,

apresentando perfil côncavo que pode ser visto no centro da figura.



FIGURA 20 Nível de base local, a montante do qual está situado o terraço aluvial (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira, maio de 2005).

As unidades 1, 2 e 3 são observadas no lado esquerdo da seção e acompanham o caimento da rampa, que limita o terraço neste setor.

A unidade 4 apresenta geometria lenticular e é visível somente no lado direito da seção. A unidade 5, que aparece em praticamente toda a seção, acompanha o perfil côncavo definido pelo manto. A geometria destas primeiras quatro unidades sugere que estas foram truncadas pela unidade 5.

A unidade 6 encontra-se paralela à unidade 5 e apresenta-se descontínua tanto no sentido da rampa como no sentido da calha fluvial.

A unidade 7 apresenta geometria côncava, que sugere que esta unidade foi responsável pelo truncamento da unidade 6, no setor onde ela aparece.

As unidades de 8, 10, 12 e 13 apresentam-se distribuídas ao longo de toda a seção. Intercaladas a estas unidades encontram-se as unidades 9, 11 e 14 que formam conjunto de lentes de areia que delimitam estas unidades.

As unidades 15, 16 e 17 podem ser observadas em praticamente toda a seção. Somente mais próximo à calha fluvial a delimitação destas unidades foi dificultada, provavelmente, em virtude da dinâmica da própria calha.

A unidade 18 está distribuída em toda a seção. Corresponde ao horizonte A atual e que está sendo recoberta pela unidade 19, nas proximidades da rampa.

Observando as características físicas apresentadas no quadro 10, pode-se constatar que os materiais exibem tonalidades escuras (cores brunas e cinzas). No entanto, através de análise mais cuidadosa do quadro 8, pode-se observar que há uma distinção entre as unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 6 e 18), unidades essencialmente minerais, e entre as próprias unidades minerais (unidades 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 19).

Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 6 e 18) as cores variam de bruna acinzentada escura (10YR4/2, úmida) a preta (2.5Y2.5/1, úmida). Já nas unidades minerais abaixo da unidade 7 (unidades 1, 3, 4 e 5), as cores variam de cinzenta muito escura (7.5YR3/1, úmida) a preta (2.5Y2.5/1, úmida). Nas unidades minerais acima da unidade 7 (unidades 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 19) as cores variam de bruna (7.5YR4/3, úmida) a bruna acinzentada escura (10YR4/2, úmida).

A concentração de cascalhos foi útil, primeiramente, na distinção entre as unidades com maiores concentrações de matéria orgânica (unidades 2, 6 e 18) e camadas essencialmente minerais (unidades 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 19). Num segundo momento, este parâmetro foi útil na definição das unidades minerais que poderiam tratar-se de camadas coluviais e de unidades que poderiam ser camadas aluviais.

Nas unidades minerais, definidas como camadas coluviais (unidades 1 e 3), a concentração de cascalhos oscilou de 10 a 50%, com dimensões variando de 2 a 20 mm. Já nas unidades minerais, definidas como de origem aluvial (unidades 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17), a concentração não excedeu, de modo geral, a 5%, com tamanhos de até 3 mm. Uma exceção a este padrão é a unidade 5, que apresenta concentração que atinge 35%, com dimensões de até 20 mm. Nas unidades com maior concentração de matéria orgânica, definidas como paleossolos e solo atual (unidades 2, 6 e 18), o percentual de cascalhos embutidos não ultrapassou a 2%, com dimensões entre 2 a 6 mm.

A textura ao tato foi igualmente útil para distinguir as diferentes unidades. Até a unidade 8, as unidades minerais apresentaram texturas que partiram de argilosa até franco arenosa. A partir da unidade 8, as unidades minerais apresentaram textura que indicam maior presença de silte, variando de siltosa a franco siltosa. As lentes de areia apresentaram textura, predominantemente, franco arenosa. As unidades com maior teor de matéria orgânica apresentaram texturas que variaram de argilosa a siltosa, ressalte-se que a textura argilosa é apresentada pelas unidades 2 e 6, enquanto que a siltosa é apresentada pela unidade 18.

No que se refere aos tipos de estrutura pedológica, das 19 unidades que compõem a seção, 18 não apresentaram desenvolvimento de estrutura pedológica, sendo desta forma definidas como grãos simples os materiais que constituem as lentes de areia (unidades 4, 7 e 9) e como maciças os materiais que compõem as demais unidades. Somente a unidade 18, que corresponde ao solo atual, apresentou estrutura pedológica em bloco subangular.

O contato entre as diferentes unidades se mostrou útil tanto para defini-las como para inferir a possível origem destas unidades. Os contatos variaram de abrupto a gradual. Contatos abruptos foram definidos entre o manto de intemperismo e a unidade 1, entre a unidade 2 e 3, entre o manto de intemperismo e a unidade 4 e entre as unidades 6 e 7, evidenciando, no primeiro caso, a deposição de camada aluvial sobre o manto de intemperismo e, nos outros casos, atestando a interrupção da pedogênese por eventos erosivos. O contato entre as demais unidades variou de claro a gradual.

5.3.2 Análise Granulométrica

Foram submetidas a este ensaio um total de 103 amostras. A distribuição das frações granulométricas, os significados dos parâmetros estatísticos e a classificação textural de acordo com Flemming (2000) são apresentados no quadro 11. A distribuição das frações granulométricas é apresentada de forma gráfica na fig. 22.

Nesta seção foram determinados os sedimentos do tipo areia lamosa (B, 25-50% lama), lama arenosa (C, 50-75% lama), lama levemente arenosa (D, 75-95% lama) e lama (E, >95% lama), com as seguintes classes: Areia siltosa (B-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama arenosa argilosa (C-IV), lama levemente arenosa siltosa (D-III), lama levemente arenosa argilosa (D-IV), silte (E-I), silte levemente argiloso (E-II), silte argiloso (E-III) e argila siltosa (E-IV).

O grau de seleção, definido a partir do desvio padrão, variou nesta área de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado.

Analisando os gráficos mostrados na fig. 22, é possível observar que, de modo geral, os materiais encontrados na área são essencialmente finos (silte e argila). No entanto, é possível observar para determinadas unidades, importantes concentrações de materiais iguais ou maiores que a fração areia (maiores que 0,062 mm). A unidade 1 (sondagem 8), as unidades 5 e 14 (sondagem 4), a unidade 9 (sondagem 4), a unidade 11 (sondagem 1) e a unidade 12 (sondagem 4, 8 e 1) são exemplos desta tendência.

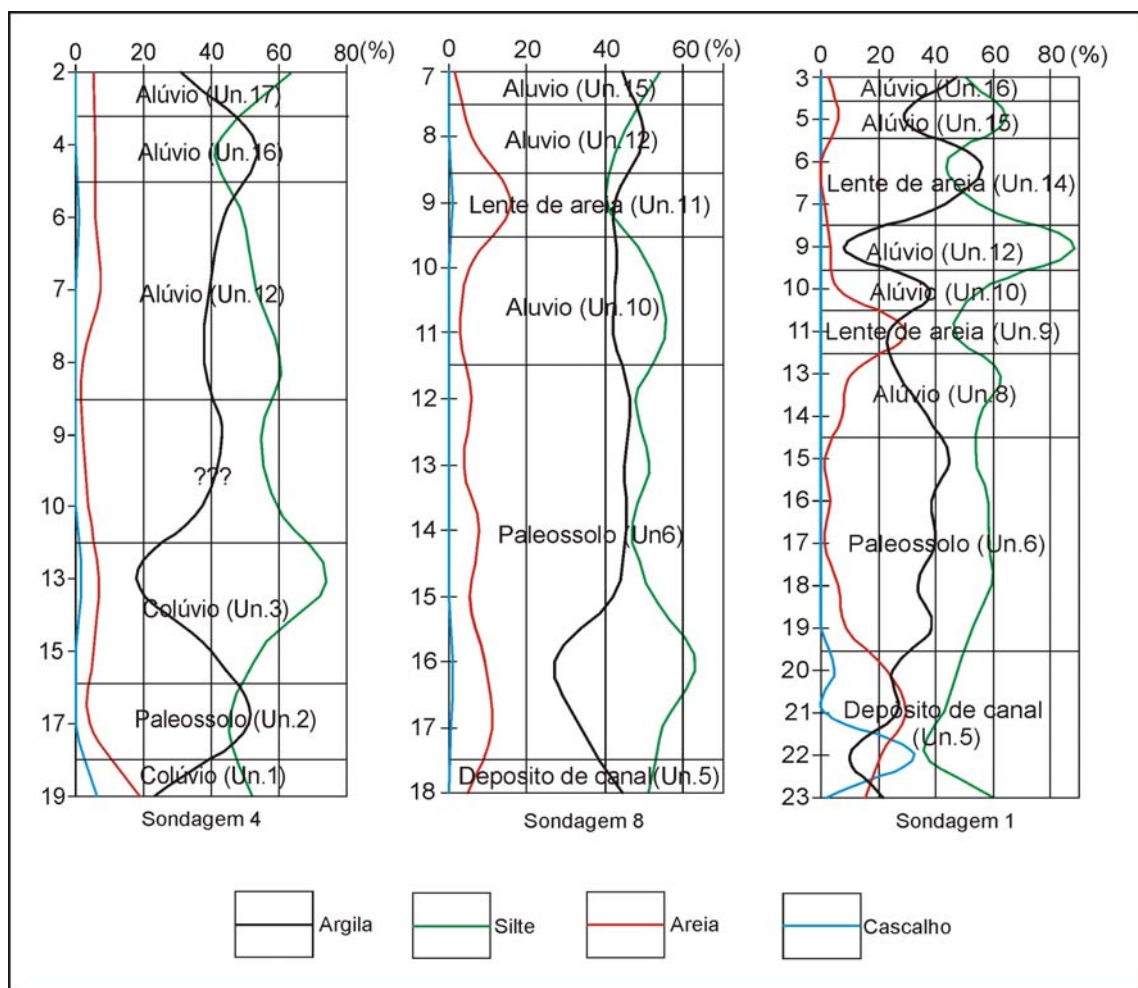


FIGURA 22 Distribuição das frações granulométricas das amostras analisadas da Seção Vale Nordeste.

A unidade 1 ocupa a classe lama levemente arenosa siltosa (D-III). O grau de seleção é definido como muito pobremente selecionado.

Na unidade 2, as classes texturais variam de silte argiloso (E-III) a argila siltosa (E-IV). O grau de seleção abrange as classes pobremente selecionada a muito pobremente selecionada.

A unidade 3 apresenta classes texturais variando de lama levemente arenosa muito siltosa (D-II) a lama levemente arenosa siltosa (D-III). O grau de seleção é classificado como muito pobremente selecionado.

Na unidade 5, as classes texturais variam de lama arenosa siltosa (C-III) a lama levemente arenosa siltosa (D-III), com 42,9% do total das amostras para cada uma destas classes. O grau de seleção predominante é a classe muito pobremente selecionada, com 71,42% das amostras.

Na unidade 6 predominam as classes lama levemente arenosa siltosa a silte argilosa (E-III), com 22,7% das amostras e lama levemente arenosa siltosa (D-III), com 68,2% do total das amostras. O grau de seleção predominante é a classe pobremente selecionada, com 95,4% do total das amostras.

Na unidade 8, a classe textural predominante é a lama levemente arenosa siltosa (D-III), em 93,3% das amostras. O grau de seleção que prevalece nesta unidade é a classe pobremente selecionada, com 86,7% do total das amostras.

A unidade 9 apresenta como classe textural lama arenosa siltosa (C-III). O grau de seleção é classificado como muito pobremente selecionado.

Na unidade 10, a variação textural parte de lama levemente arenosa siltosa (D-III) a silte argiloso (E-III). O grau de seleção varia de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado.

A unidade 11 apresenta classes texturais variando de lama arenosa argilosa (C-IV) a silte argiloso (E-III), passando pela classe lama levemente arenosa argilosa (D-IV). O grau de seleção predominante é a classe muito pobremente selecionada, com 66,7% do total das amostras.

Na unidade 12 as classes texturais predominantes são lama levemente arenosa siltosa (D-III), em 18,2% das amostras, silte levemente argiloso (E-II), em 18,2% das amostras, e silte argiloso (E-III), em 36,4% do total das amostras. O grau de seleção predominante é a classe pobremente selecionada, em 81,8% do total das amostras.

A unidade 13 apresenta classes texturais que variam de lama levemente arenosa argilosa (D-IV) a silte argilosa (E-III), predominando esta última, com 75% das amostras. O grau de seleção é definido como pobremente selecionado.

Na unidade 14, a classe textural predominante é a classe lama arenosa siltosa (C-III), em 40% das amostras, seguidas das classes areia siltosa (B-II), silte argiloso (E-III) e argila siltosa (E-IV), com 20% em cada uma destas do total das amostras. O grau de seleção predominante na unidade é a classe muito pobremente selecionada, em 60% das amostras.

A unidade 15 apresenta classe textural lama levemente arenosa siltosa (D-III). O grau de seleção é classificado como pobremente selecionado.

Na unidade 16, as classes texturais partem de lama levemente arenosa siltosa (D-III) a silte argiloso (E-III), passando, em determinadas amostras, pela classe lama levemente arenosa argilosa (D-IV), com predomínio desta segunda classe, que foi determinada para 50% das amostras. O grau de seleção é definido como pobremente selecionado.

A unidade 17 apresenta classes texturais variando de lama levemente arenosa siltosa (D-III) a silte argiloso (E-III). O grau de seleção é classificado como pobremente selecionado.

Como pode ser observado no quadro 11, nas unidades com maior concentração de matéria orgânica (unidades 2, 6 e 18), os tipos predominantes foram: lama levemente arenosa (75-95% lama), com 70,8% do total das amostras e lama (>95 lama), com 29,2% do total das amostras, materiais com concentração de

frações mais finas, argila e silte, superiores a 75%. As classes texturais predominantes são: lama levemente arenosa siltosa (D-III) (62,5%) e silte argiloso (E-III) (25%). Já nas amostras das unidades minerais (unidades 1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17) foram obtidos os tipos: areia lamosa (25-50% lama), com 5,2% do total das amostras; lama arenosa (50-75% lama), com 17,7% do total das amostras; lama levemente arenosa (75-95% lama), com 48,1% do total das amostras e lama (>95% lama), com 32,9% das amostras. Predominam nestas unidades as classes texturais lama arenosa siltosa (C-III) (12,6%), lama levemente arenosa siltosa (D-III) (40,5%) e silte argiloso (E-III) (26,6%).

Analisando o quadro 11, observa-se padrão na distribuição das classes texturais para as unidades que compõem esta seção estratigráfica. Até a unidade 10, prevalecem as classes com menores concentrações de lama (silte e argila). A partir desta unidade, observa-se maior ocorrência de classes texturais com concentrações mais elevadas de lama (silte e argila), embora apareçam classes texturais com maiores percentuais da fração areia.

No conjunto da seqüência o grau de seleção predominante é a classe pobremente selecionada, ocorrendo em 70,9% das amostras, seguida da classe muito pobremente selecionada, com 26,6% do total das amostras.

5.3.2.1 Aplicação do Diagrama de Flemming

As amostras analisadas na área do terraço foram distribuídas em dois diagramas. O primeiro diagrama (fig. 23) abrange amostras das unidades 1, 2, 3, 5 e 6. Observando a distribuição das amostras no diagrama, fica clara a concentração das amostras em direção ao eixo argila, indicando materiais mais finos. Os tipos de materiais definidos para estas duas seqüências foram lama levemente arenosa (D, 75-95% lama) e lama (E, 95% lama) sendo definidas para algumas amostras o tipo

lama arenosa (C, 50-75% lama). O predomínio destas duas classes, 82,9% do total das amostras, indica sedimentos com maior aporte de materiais finos (silte e argila).

O segundo diagrama (fig. 24) abrange as unidades 8 a 18. Neste observa-se, igualmente, tendência a maior concentração das amostras em classes com materiais mais finos, lama levemente arenosa (D, 75-95% lama) e lama (E, 95% lama). No entanto, parte das amostras ocupou classes com concentrações importantes de materiais com frações iguais ou maiores que a fração areia (maiores que 0,062 mm), lama arenosa (C, 50-75% lama) e areia lamosa (B, 25-50% lama).

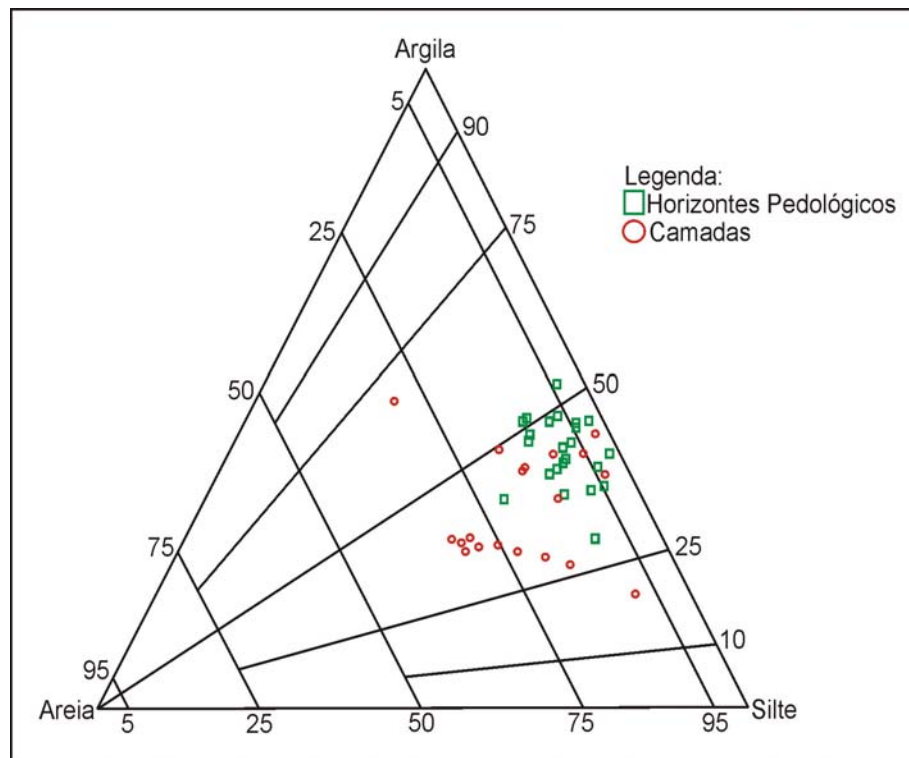


FIGURA 23 Diagrama de Fleming para as amostras analisadas na área do terraço, unidades de 1 a 6.

Os diagramas apresentados nas fig. 23 e 24 demonstram tendência para a concentração das amostras em direção ao eixo argila, indicando a predominância de materiais mais finos. Este aporte de materiais mais finos (silte e argila) em regimes de fluxos subaquosos, que podem ser os tipos de fluxos que atuaram neste ambiente durante a evolução da seqüência, indicam fluxos com energia

decrecente. Este tipo de fluxo é característico de áreas de planícies de inundação que são formadas em decorrência do aumento de fluxo de água dentro da calha fluvial.

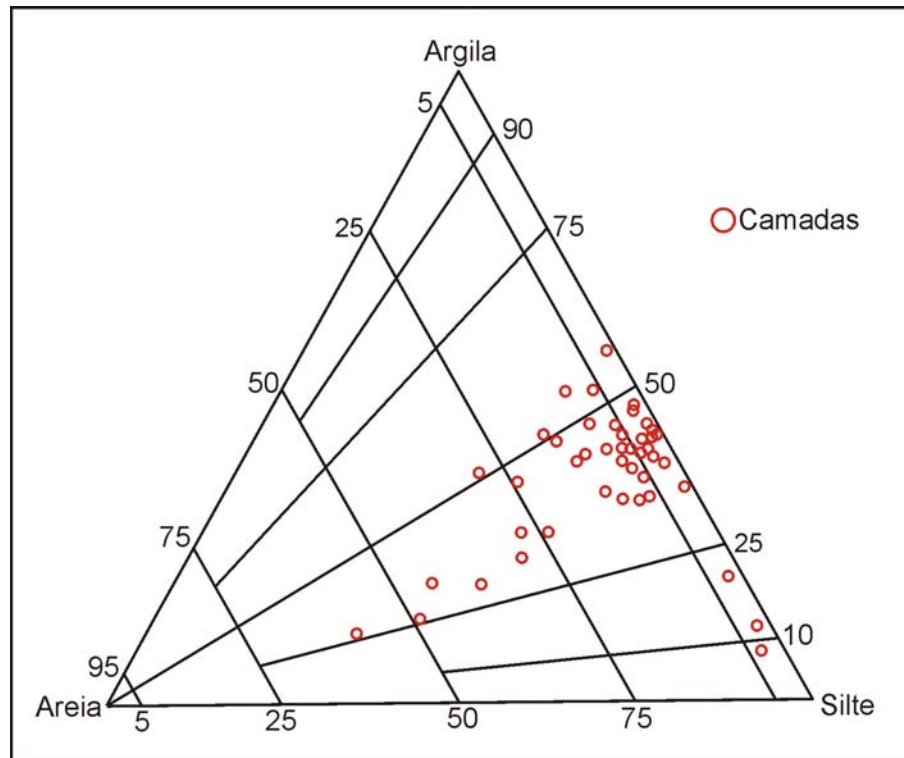


FIGURA 24 Diagrama de Fleming para as amostras analisadas na área do terraço, unidades de 8 a 18.

5.3.3 Análise Química

5.3.3.1 Determinação do Teor de Matéria Orgânica

Foram submetidas a esta análise um total de 37 amostras, englobando 14 das 19 unidades individualizadas nesta seção estratigráfica. Resultados deste ensaio podem ser observados no quadro 12.

Como realizado para as unidades das seções estratigráficas anteriormente descritas, nesta seção as amostras das unidades serão classificadas em grupos que se baseiam nas concentrações de carbono orgânico e matéria orgânica (TOMÉ JR, 1997).

As unidades 1, 3, 9, 10, 14 e 15 foram classificadas como apresentando concentração baixa de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores de carbono orgânico variaram de 0,08 a 1,42% e as concentrações de matéria orgânica de 0,12 a 2,46%.

As unidades 11 e 16 são definidas como unidades que apresentam concentração média de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores de carbono orgânico variam de 0,8 a 1,54% e concentração de matéria orgânica de 1,38 a 2,66%.

As unidades 5, 6 e 12 são definidas como unidades que apresentaram concentrações de carbono orgânico e matéria orgânica oscilando de baixa a alta. Os teores de carbono orgânico variaram de 0,59 a 11,18% e a concentração de matéria orgânica de 1,01 a 19,28%.

A unidade 2 ocupa classes de média a alta concentração de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores variam de 1,74 a 3,71% de carbono orgânico e 3,0 a 6,41 para matéria orgânica.

As unidades 8 e 17 são classificadas como apresentando alta concentração de carbono orgânico e matéria orgânica. Os teores de carbono orgânico variaram de 5,23 a 8,63% e a concentração de matéria orgânica de 9,03 a 14,68%.

A fig. 25 apresenta a distribuição dos teores de matéria orgânica para amostras da sondagem 4, amostras da sondagem 8 e amostras da sondagem 1. Analisando os gráficos, é possível observar que os picos de matéria orgânica são registrados nas unidades 2 e 17 (sondagens 4 e 8) e nas unidades 5, 6 e 8 (sondagens 8 e 1).

Quadro 12: Teores de carbono orgânico, matéria orgânica e classificação quantitativa para as amostras da Seção Vale Nordeste.

Sd.	Un.	Am.	Prof. (cm)	C (%)	MO (%) (Walkley-Black)	MO (%) (Peróxido de Hidrogênio)	Classificação Quantitativa*
4	17	2	26	8,63	14,88	11,35	Alta
	16	4	46	2,19	3,77	5,04	Média
	12	6	70	1,54	2,66	19,32	Média
	12	7	78	0,87	1,50	7,85	Baixa
	12	8	90	1,32	2,27	7,48	Baixa
	?	9	102	0,80	1,38	7,18	Baixa
	?	10	112	1,25	2,15	7,57	Baixa
	3	13	144	0,08	0,12	2,57	Baixa
	2	16	184	1,74	3,00	10,65	Média
	2	17	200	3,71	6,41	5,01	Alta
1	19	225	0,66	1,13	1,68	Baixa	
8	15	7	72	0,79	1,37	3,87	Baixa
	12	8	83	1,63	2,82	13,08	Média
	11	9	92	1,54	2,66	3,3	Média
	10	10	107	1,30	2,23	4,15	Média
	10	11	118	0,95	1,65	7,23	Média
	6	12	134	1,92	3,30	5,06	Média
	6	13	145	3,10	5,35	4,63	Alta
	6	14	154	1,56	2,70	4,03	Média
	6	15	164	0,59	1,01	2,43	Baixa
	6	17	190	0,87	1,50	3,45	Baixa
	2	18	205	3,49	6,01	6,69	Alta

Sd.	Un.	Am.	Prof. (cm)	C (%)	MO (%) (Walkley-Black)	MO (%) (Peróxido de Hidrogênio)	Classificação Quantitativa*
1	16	3	29	1,05	1,83	5,74	Baixa
	15	5	52	0,65	1,12	3,69	Baixa
	14	7	74	0,89	1,54	6,3	Baixa
	12	9	100	1,4	2,42	9,43	Baixa
	9	11	125	1,42	2,46	2,96	Baixa
	8	13	155	5,23	9,03	5,27	Alta
	6	15	182	8,54	14,68	9,17	Alta
	6	16	195	7,85	13,51	13,85	Alta
	6	17	205	11,18	19,28	25,54	Alta
	6	18	216	7,38	12,70	25,24	Alta
	6	19	225	5,51	9,48	14,81	Alta
	5	20	262	1,85	3,18	4,81	Média
	5	21	290	10,77	18,53	2,21	Alta
	5	22	307	0,97	1,67	2,21	Baixa
	5	23	325	2,43	4,18	3	Média

Sd.: Sondagens; **Un.:** Unidades; **Prof.:** Profundidades; **C:** Carbono orgânico; **MO:** Matéria orgânica e
* A partir dos dados da coluna 6.

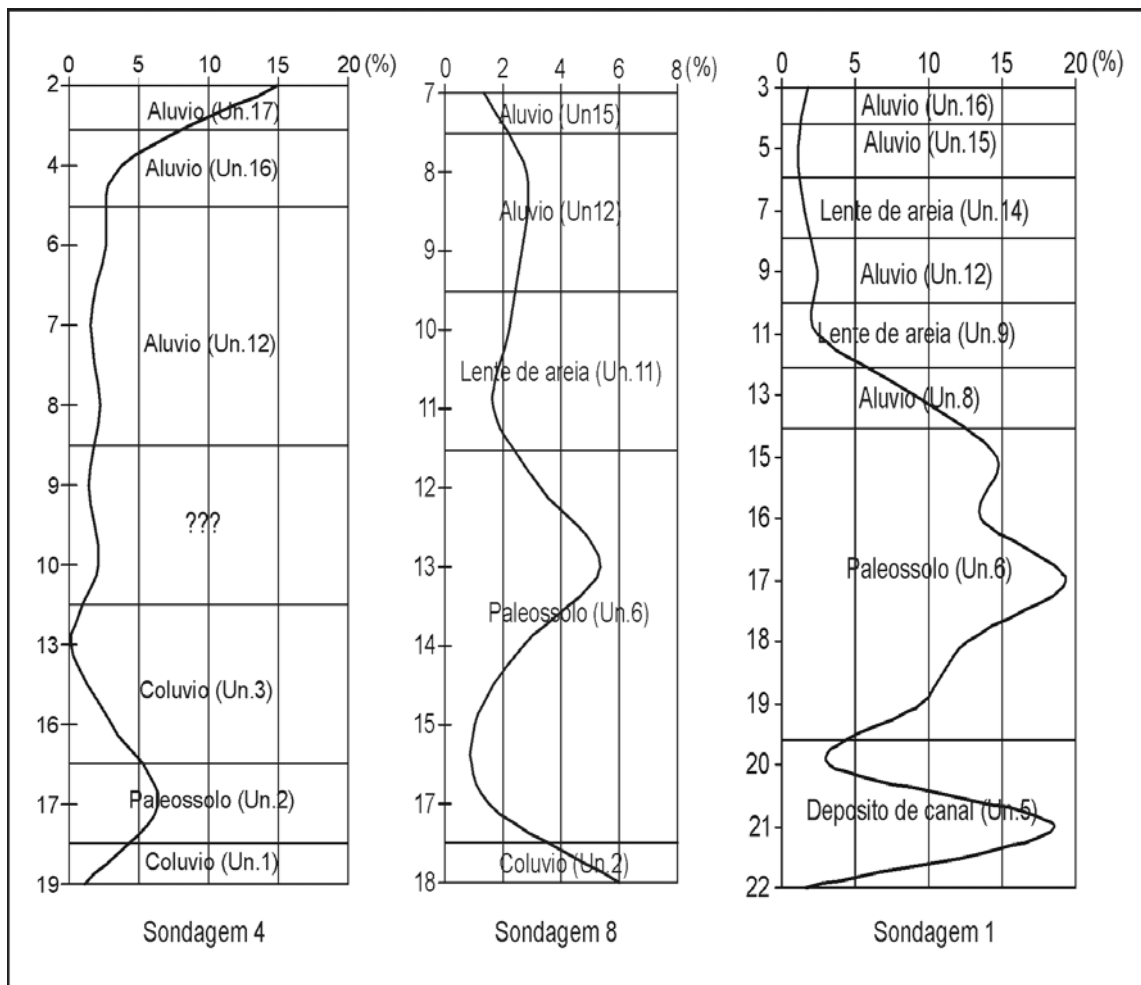


FIGURA 25 Distribuição dos teores de matéria orgânica para as amostras da Seção Cabeceira Vale Nordeste.

De forma geral, as unidades minerais (unidades 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15 e 16) são definidas como unidades que apresentam concentração de baixa a média de carbono orgânico e matéria orgânica. Exceções são representadas pelas unidades 12 e 17 que apresentam a classe com alta concentração, provavelmente por se tratarem de materiais aluviais, que por definição apresentam concentrações variáveis de matéria orgânica. Outra exceção é a unidade 5, que corresponde a uma camada aluvial na qual a presença de materiais de origem orgânica, como folhas, galhos e carvão havia sido constatada nos trabalhos de campo.

Já nas unidades onde se esperava maior concentração de matéria orgânica (unidades 2 e 6), por provavelmente tratar-se de paleossolos, as classes definidas são as de baixa a alta concentração de carbono orgânico e matéria orgânica.

5.3.3.2 Análise de Saturação por Bases e Definição do Tipo de Horizonte A

A exemplo do que foi exposto para as seções estratigráficas anteriormente descritas, nesta seção foram submetidas a este ensaio amostras das unidades 2 e 6 que foram definidas como paleossolos a partir das descrições de campo, estratigrafia, análise granulométrica e concentração de matéria orgânica, para determinação do tipo de horizonte A.

Os resultados deste ensaio e outras características importantes para a definição do horizonte A são apresentados no quadro 13.

Nesta seção foram definidos dois tipos de horizontes A: A húmico e A proeminente.

O horizonte A proeminente difere do horizonte A húmico (descrito na p.48) por

apresentar menor concentração de matéria orgânica (de 2,5 a 5%) que se reflete em tonalidades mais claras para este horizonte (cores de bruna acinzentada a preta) e menor espessura (de 25 a 50 cm).

Com base nestas definições e comparando os dados obtidos para as amostras analisadas destas unidades, pode-se definir que a unidade 2 corresponde a um horizonte A proeminente, conforme demonstrado a seguir:

- Matéria orgânica de 2,5 a 5%: nesta unidade estes teores variaram de 3 a 6,41%.
- Cores de bruna acinzentadas a preta, devido aos teores médios e altos de matéria orgânica: esta unidade apresentou cores variando de cinzenta a bruna;
- Espessura de 25 a 50 cm: esta unidade apresenta 31,5 cm de espessura.

Já a unidade 6 corresponde a um horizonte A húmico, como demonstrado a seguir:

- Tonalidades escuras, em decorrência dos altos teores de matéria orgânica: esta unidade apresentou cores de bruna a preta;
- Espessura de 40 a 50 cm: esta unidade apresentou espessura de 51,5 cm.
- Matéria orgânica superior a 7,5%: nesta unidade a concentração de matéria orgânica variou de 1,01 a 19,28%.

Como mencionado anteriormente no item 5.2.3.2, a ocorrência de horizontes A húmico e A proeminente são indicativos de áreas de climas frios, com elevadas altitudes ou condições de má drenagem.

5.3.4 Datações

Foram submetidos à análise para determinação de idades, amostras das unidades 5, 6 e 7.

Para as amostras das unidades 5 e 7, por se tratarem de unidades minerais, utilizou-se o método da Luminescência. As análises foram realizadas no Laboratório de Vidros e Datação - Labvidros (FATECSP, São Paulo), os resultados estão apresentados no quadro 14.

QUADRO 14 Idades Seção Vale Nordeste.

Amostra	Unidade	Método	Dose acumulada (Gy/ano)	Dose anual (μ Gy/ano)	Idade (anos)
01	05	TL	100	1.150 +/- 26	86.000 +/- 10.500
01	07	TL	400	1.926 +/- 35	207.000 +/- 24.000
02	07	LOE	34	1.940 +/- 38	17.500 +/- 2000

TL: Termoluminescência; **LOE:** Luminescência Opticamente Estimulada

Para a amostra da unidade 6, por tratar-se de unidade com teor elevado de carbono orgânico, utilizou-se o método do Carbono 14. A análise foi realizada no Laboratório Beta Analytic Inc. (EUA). A idade obtida para esta unidade foi 11.850 +/- 70 anos A.P.

As datações para as amostras da unidade 7, obtidas através do método da Luminescência, não serão considerados neste trabalho, por tratarem-se de dados discrepantes em relação aos resultados obtidos para as amostras das unidades 5 e 6. A explicação apresentada pelo laboratório responsável pela análise, para esta diferença nos resultados, foi que o sinal de Termoluminescência das amostras não decaiu no momento da deposição, o que sugere deposição muito rápida, apresentando em ambas amostras idades próximas a 200.000 anos (através da Termoluminescência). Já através da técnica da Luminescência Opticamente Estimulada, a idade obtida para a amostra 2 da unidade 7 foi de aproximadamente

17.500 anos, resultado que pode ser atribuído ao retrabalhamento dos materiais que compõem esta unidade. Não foi possível datar a amostra 1 através deste método.

5.3.5 Balanço Parcial

As características físicas (cor, concentração de cascalhos, textura ao tato e tipo de contato) e a estratigrafia desta seqüência sugerem a ocorrência de horizontes pedológicos (unidades 2 e 6) intercalados a camadas coluviais (unidades 1 e 3, no setor sudeste da seção) e camadas aluviais (unidades 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17). Os tipos de contato entre determinadas unidades, como por exemplo entre as unidades 2 e 3, entre as unidades 3 e 5, entre as unidades 6 e 7, definidos como abruptos, apontam para fases de erosão.

A análise granulométrica e a aplicação do Diagrama de Flemming apontam para mudança nos regimes hidrodinâmicos durante o período de evolução da seqüência, passando de fluxos concentrados, como evidenciado pela unidade 1, 3 e 5, a fluxos de baixa energia, como evidenciadas pelas unidades de 8 a 18.

Os dados das análises químicas permitiram a definição das unidades que se tratavam de paleossolos, assim como possibilitaram a definição do tipo de horizonte A, sendo classificados como A húmico e A proeminente, que podem indicar, no caso das unidades desta seqüência, condições de má drenagem, haja vista a localização desta seção estratigráfica, embora as condições de clima frio e de altitudes elevadas persistam na área.

Os resultados das datações indicam que a seqüência se estabeleceu há aproximadamente 86.000 anos A.P. (período interglacial), quando se depositou a camada aluvial correspondente à unidade 5. As datações demonstram, também, que por volta de 12.000 anos A.P., na transição Pleistoceno-Holoceno, a área passou

por uma fase de estabilidade morfodinâmica, ocasião em que se desenvolveu o horizonte húmico, referente à unidade 6. Trabalhos posteriores, como análise polínica, devem esclarecer o real significado desta transição na área de estudo.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA CABECEIRA SUDESTE

Oliveira e Pereira (1998), a partir da estratigrafia, das características morfológicas, físicas, químicas e de datações radiométricas pelo ^{14}C , propuseram cronologia de eventos responsáveis pelo estabelecimento da seqüência pedo-sedimentar, representada pela Seção Cabeceira Sudeste (fig. 7, p. 29). A cronologia se inicia há aproximadamente ^{14}C 19.130 +/- 110 anos A.P., período correlacionável ao Último Máximo Glacial (tanto no hemisfério Norte, como no Sul), quando se desenvolveu na área, sobre camadas coluviais lenticulares paralelas a sub-paralelas, características de processos difusos, como escoamento superficial e corridas de lama (unidades 4, 5, 6 e 7), espesso horizonte pedológico (unidade 8).

Este horizonte foi coberto por camadas coluviais lenticulares paralelas a sub-paralelas (unidades 9, 10, 11, 12 e 13), sobre as quais novo horizonte pedológico se desenvolveu (unidade 14), durante o período correlacionável ao início da Inversão Antártica (no hemisfério Sul), ^{14}C 15.260 +/- 80 anos A.P., caracterizado por tendência ao resfriamento no interior da tendência geral de aquecimento que inaugurou o Holoceno (OLIVEIRA et. al., 2001c). Este horizonte foi truncado em vários pontos por sulcos e ravinas, que foram preenchidos por espesso material coluvial, soterrando vasto setor da encosta estudada (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; LIMA, 2002; OLIVEIRA et. al. 2001.b; OLIVEIRA et al., 2001c).

As idades de formação dos paleossolos estudados na área correspondem ao Último Máximo Glacial, tanto no Hemisfério Norte, como no Hemisfério Sul (entre

18.000 e 20.000 anos A.P.) e ao início do interestádio Bölling no hemisfério Norte e final do aquecimento que antecede a chamada Inversão Antártica no hemisfério Sul, em torno de 15.000 anos A.P. (OLIVEIRA et. al, 2001c). Os eventos globais e hemisféricos citados indicam períodos nos quais as condições paleoidrológicas foram condicionadas por temperaturas mais baixas do que as atuais (AHARON & CHAPPELL, 1986). É aceito na literatura geomorfológica que tais períodos indicam déficit hídrico para as áreas tropicais e subtropicais. Este tipo de regime hidrológico não favorece o desenvolvimento e preservação de solos orgânicos e solos turfosos espessos, que necessitam de ambientes úmidos para se desenvolver. O desenvolvimento destes paleossolos na área foi interpretado como indício de que mesmo nos períodos mais frios do Quaternário havia umidade atmosférica suficiente para sua evolução e preservação (OLIVEIRA et. al. 2001c).

As unidades estratigráficas apresentadas foram diferenciadas, em trabalho recente (LIMA, 2002), através das características físicas, tais como: cor, concentração de cascalhos, textura ao tato, estrutura pedológica e dados granulométricos dos materiais. Os resultados das análises granulométricas foram lançados no diagrama triangular de classificação de sedimentos proposta por Flemming (2000). Com a utilização do diagrama (fig. 9, p. 41) foi possível distinguir claramente, o domínio tanto dos horizontes pedológicos, como o das camadas coluviais. Através da determinação destes domínios, definidos por bandas alongadas que oscilam radialmente a partir do vértice areia, é possível interpretar, no caso das amostras oriundas das camadas coluviais, os diferentes regimes hidrodinâmicos que atuaram durante o transporte destes materiais.

A análise granulométrica também ofereceu evidências sobre os processos difusos sugeridos por Oliveira e Pereira (1998). A partir desta análise foi possível constatar que mesmo nos períodos de certa estabilidade morfodinâmica, ocasiões em que houve o desenvolvimento dos paleossolos (unidades 8 e 14), os processos erosivos difusos tiveram lugar. Isto fica evidenciado pela presença de grânulos e de seixos, em menor quantidade, nestes horizontes pedológicos, que se desenvolveram sob o efeito do retrabalhamento dos materiais de superfície, provavelmente por processos de transporte por escoamento superficial difuso, implicando aporte

mecânico de material para o horizonte pedológico.

Os resultados das análises de densidade aparente e de porosidade total, que não foram apresentados neste trabalho, realizadas para os horizontes pedológicos também ofereceram argumentos que sustentam as hipóteses de Oliveira e Pereira (1998). Os dados de porosidade total apontam para a confirmação da hipótese de soterramento da encosta. Estes dados sugerem a compactação do horizonte correspondente à unidade 14, resultante, provavelmente, do episódio de fluxo concentrado responsável pelo preenchimento dos sulcos e ravinas e pelo soterramento de vasto setor da encosta estudada (LIMA, 2002, OLIVEIRA & PEREIRA, 1998).

Estes resultados apresentam algumas evidências sobre a dinâmica desta cabeceira de vale durante o final do Pleistoceno. As camadas lenticulares apontam para a atuação do escoamento difuso ou de fluxo densos, associados a movimentos de massa relativamente fluidos. Os truncamentos e a diferença na porosidade total dos dois horizontes pedológicos, através dos quais foi possível confirmar a hipótese do soterramento da encosta, atestam atividade erosiva durante períodos de instabilidade morfodinâmica, com mudança do regime hidrodinâmico, passando, no início da seqüência, de fluxos difusos para fluxos concentrados (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998). A ocorrência nos horizontes pedológicos de cascalhos, ainda que em menor quantidade, sugere que mesmo durante os períodos de estabilidade morfodinâmica relativa os processos erosivos tiveram lugar sobre a encosta estudada (LIMA, 2002).

6.2 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA CABECEIRA SUDOESTE

A partir dos dados apresentados no item 5.2, foi possível estabelecer sucessão de eventos responsáveis pelo estabelecimento desta seqüência estratigráfica.

A seqüência (fig. 13, p. 54) inicia com a formação do elúvio, correspondente à unidade 1. As características físicas, especialmente a cor (de bruna avermelhada clara a bruna) e a concentração de cascalhos, em torno de 70%, com tendência à diminuição em direção à base da camada, determinaram a classificação desta unidade como elúvio, por apresentar características muito próximas ao material que a originou.

Após o período de formação do elúvio, a área passou por período de certa estabilidade morfodinâmica, no qual se desenvolveu horizonte pedológico correspondente à unidade 2. As características físicas como espessura, cor (bruna), contato com a unidade subjacente (gradual), a ausência de cascalhos, a textura predominantemente siltosa, a presença de estrutura pedológica (bloco subangular), a concentração de matéria orgânica (até 2,54%) e o índice de saturação por bases (13,73) permitiram classificá-lo como horizonte A moderado. Os horizontes A moderado exibem cores avermelhadas, devido aos baixos teores de matéria orgânica e perfil pouco espesso. Como exposto no item 5.2.3.2, este tipo de horizonte não é comum em áreas de clima frio ou de elevadas altitudes e sua presença nesta área pode ser explicada de duas formas: condições climáticas diferentes das atuais, clima mais quente que não favoreceria decomposição lenta da matéria orgânica ou erosão do horizonte A original, que poderia ser A húmico ou A proeminente, mais comuns em áreas de climas frios e/ou de altitudes elevadas.

A pedogênese, responsável pela formação da unidade 2, foi interrompida pela deposição da unidade 3, classificada a partir dos dados físicos como uma camada coluvial. Isto fica evidenciado pela presença de cascalhos (até 50%, com dimensões

que variam de 2 a 55 mm) e pela textura que varia de argila siltosa a franco argilo arenosa, conferindo ao material aspecto detrítico e heterogêneo, característico de materiais coluviais (SUGUIO, 1998). O contato com o paleossolo (unidade 2), definido como abrupto, aponta para a erosão do paleossolo (unidade 2) por esta unidade. A localização da unidade 3 foi outro dado que possibilitou classificá-la como camada coluvial, uma vez que este tipo de depósito é gerado em ambientes de sopé de encosta (SUGUIO, 1998), como a área onde foi levantada esta seção estratigráfica.

Após este período de colúviação a área passou por novo período de estabilidade morfodinâmica, responsável pelo desenvolvimento de novo horizonte pedológico referente à unidade 4. Esta nova fase de pedogênese foi interrompida pela deposição de uma série de camadas coluvais (unidades de 5 a 12). As descrições físicas, especialmente a ocorrência (até 70%) e o tamanho dos cascalhos (de 2 a 196 mm) e principalmente a geometria, corpos lenticulares, sugerem camadas coluviais depositadas por fluxos concentrados, caracterizados por mistura concentrada de água e sedimentos (GIANNINI & RICCOMINI, 2001) que migraram para fluxos difusos (evidenciados pela unidade 10', que apresenta matriz fina em relação às outras camadas, atestando fluxos menos competentes). A deposição desta seqüência promoveu o truncamento do paleossolo, referente à unidade 4, restando na seqüência somente vestígios deste (parte central da fig. 7, p. 29), o que impossibilitou sua descrição mais detalhada. Esta sucessão de camadas coluviais também foi responsável pela mudança do nível topográfico local, de modo que as unidades que se depositaram posteriormente passaram a ocupar o setor sudoeste da seção estratigráfica.

O período de instabilidade morfodinâmica, evidenciado pelas unidades de 5 a 12, é seguido por novo período de estabilidade que marca o desenvolvimento do horizonte pedológico da unidade 13. Este horizonte, a partir de suas características físicas, como cor (preta), presença rara de cascalhos (não excedendo a 1%), espessura (até 35 cm), contato gradual com a camada subjacente, teor de matéria orgânica (até 9,59%) e o grau de saturação por bases (15,37), foi classificado como

horizonte A húmico. A presença deste horizonte é comum na área de estudo, devido às baixas temperaturas e elevadas altitudes.

O horizonte pedológico da unidade 13 é recoberto pela unidade 14, quando a área passa por novo período de instabilidade morfodinâmica. As características físicas desta unidade, especialmente a concentração (até 50%) e o tamanho dos cascalhos (de 3 a 100 mm) e sua geometria (lenticular) sugerem que a deposição desta camada coluvial foi realizada através de fluxos densos que migraram em determinados momentos para fluxos difusos, evidenciados pela unidade 14', que apresenta textura mais fina, indicando diminuição no fluxo e capacidade de transporte. A idéia de fluxo denso, depositado em curto intervalo de tempo, é reforçada ainda pelo contato abrupto e ondulante com a unidade 2 (paleossolo) que sugere a deformação deste horizonte pedológico pela rápida deposição desta camada (fig. 26). Outro fator que corrobora o caráter episódico do evento responsável pela deposição desta camada está associado à justificativa formulada para a impossibilidade de datar o material através do método da Luminescência. Segundo as justificativas apresentadas pelo laboratório responsável pela análise, o sinal de luminescência não havia sido "zerado", provavelmente por exposição insuficiente da amostra à luz do sol, impossibilitando o uso do método e indicando que a deposição do material pode ter sido relativamente rápida, se não realizada em período noturno.

Após este episódio de colúviação, houve o desenvolvimento do solo atual, referente à unidade 15. Segundo as características físicas, como cor (bruna a preta), rara concentração de cascalhos (1%), presença de estrutura pedológica (granular), contato gradual com a unidade subjacente, teor de matéria orgânica (até 14,09%) e índice de saturação por bases (10,09), este horizonte foi classificado como A húmico, evidenciando as condições ambientais atuais.

Esta seção documenta setor da encosta sobre o qual fluxos de alta viscosidade, como corridas de lama e de detritos, teriam migrado para fluxos menos viscosos, dando origem às camadas coluviais. Intercalados a estas camadas coluviais foram individualizados paleossolos, que atestam períodos em que a

pedogênese foi mais importante que a morfogênese. A seção se insere em contexto de ambiente de cabeceira de vale, setores das bacias hidrográficas nos quais há elevado potencial de geração e preservação de registro estratigráfico. De fato, na área ocorrem estruturas sedimentares bem preservadas, a partir das quais é possível inferir características sobre a energia dos fluxos geradores de tais estruturas, como a disponibilidade de água e materiais clásticos no sistema, durante o transporte e deposição destes sedimentos. Os paleossolos identificados na área possibilitam a reconstituição do quadro paleoambiental durante a evolução da seqüência.

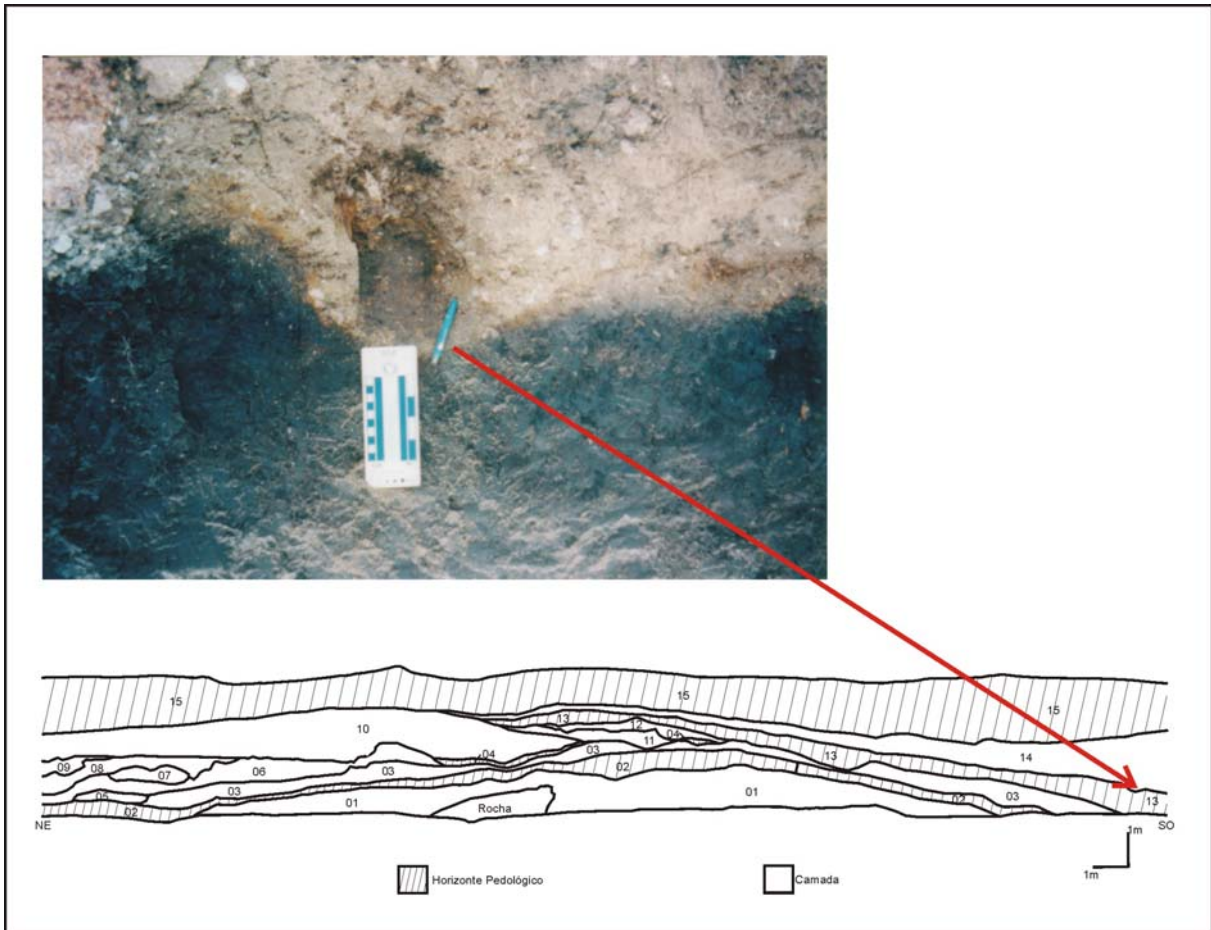


FIGURA 26 Foto de detalhe mostrando deformação do paleossolo, referente à unidade 13, pela deposição da camada coluvial referente à unidade 14. (Foto: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira)

6.3 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA VALE NORDESTE

Os dados apresentados no item 5.3 permitem apresentar ordem cronológica parcial para os eventos ocorridos na área, responsáveis pela formação desta seqüência estratigráfica.

A seqüência (fig. 21, p. 80) inicia antes de 86.000 anos, quando se depositou na área a unidade 1. Devido às características físicas, como concentração (25%) e tamanho dos cascalhos (2 a 10 mm), localização da unidade, setor sudeste da seção estratigráfica, próxima à rampa que delimita o terraço, foi possível classificá-la como camada coluvial.

Esta camada foi posteriormente pedogenizada, dando origem ao horizonte pedológico formado pela unidade 2. As características físicas, como cor (tons mais escuros que àqueles apresentados na unidade anteriormente descrita, com cores variando de cinzenta muito escura a bruna acinzentada muito escura), a rara concentração de cascalhos (2%), a textura mais siltosa (classes E-III e E-IV) e o teor de matéria orgânica (até 6,41%), permitem classificar este horizonte como A proeminente, que difere do horizonte A húmico pelas tonalidades mais claras, em decorrência dos teores médios de matéria orgânica, que pode ser explicado neste caso específico, pela localização da unidade, próxima à rampa, onde não há condições para o acúmulo de água.

Esta fase de pedogênese é interrompida por nova fase de colúviação, evidenciada pela unidade 3, que apresenta basicamente as mesmas características da unidade 1, que tornou possível sua classificação como unidade coluvial.

Por volta de 86.000 anos, a área registra mudança no padrão deposicional. No setor esquerdo da fig. 21 (p. 80) observa-se o truncamento das unidades 1, 2, e 3, evidenciado pelo contato abrupto destas três unidades com a unidade 5. As características físicas como concentração (até 35%) e tamanho dos cascalhos (até

20 mm), a textura de argilosa a franco arenosa (reforçada pela textura obtida em laboratório, determinando para estas unidades materiais do tipo C e D, materiais com maior aporte da fração areia) e o perfil côncavo permitiram classificá-la como depósito de canal. Segundo Miall (1985), os canais possuem bases erosivas e côncavas e são formados por materiais grossos.

A unidade 6, formada sobre esta camada fluvial, é datada de 11.850 +/- 70 anos A.P.. A unidade aluvial, referente à unidade 5, foi datada de 86.000 +/- 10.500 anos, o que aponta para um período importante de erosão na área, que impossibilitou a geração de registro sedimentar.

Após período intenso de erosão, evidenciando lacuna deposicional Pleistocênica, a área passa por fase de estabilidade morfodinâmica que tornou possível o desenvolvimento de espesso horizonte pedológico, por volta de 12.000 anos A.P.. As características físicas, como cor (bruna acinzentada escura a preta), a espessura (51,5 cm), a rara concentração de cascalhos (2%), a textura siltosa (E-III), a concentração de matéria orgânica (até 19,28%) e o índice de saturação por bases (4,76), permitiram classificar esta unidade como horizonte A húmico. A presença de folhas e de raízes bem preservadas nesta unidade e a distribuição irregular de matéria orgânica (fig. 25, p. 99) ao longo do horizonte, são características encontradas em turfas, onde há distribuição irregular do teor de matéria orgânica em profundidade e a matéria orgânica é encontrada em diferentes graus de decomposição.

A idade de formação deste solo está correlacionada ao evento do Younger Dryas, período no qual se registra resfriamento milenar, evidenciado pelo desenvolvimento da vegetação de tundra na Europa ocidental (SUGUIO, 1998). Nestas condições de temperaturas mais baixas não haveria muita disponibilidade de umidade da atmosfera, resultado da baixa evaporação. Tais condições não são propícias ao desenvolvimento de horizontes húmicos, como o horizonte pedológico, referente à unidade 6.

O desenvolvimento deste horizonte pedológico (ou turfa) foi interrompido por novo período de instabilidade morfodinâmica que mudou o padrão hidrológico da área. Este novo padrão hidrológico é marcado por fase de disponibilidade de água e de sedimentos, capazes de promover a incisão de canal que truncou o horizonte pedológico ou turfa (unidade 6) como indicado na fig. 21 (p. 80). A unidade 7 apresenta geometria côncava, base erosiva (evidenciada pelo contato abrupto) e é composta por areia e cascalho. Estas características, segundo Miall (1985), permitem classificá-la como depósito de canal. A unidade apresenta estratificação incipiente, com presença de lâminas de material mais fino, intercaladas com camadas de material mais grosso. As lâminas com material mais fino são encontradas próximo à base da lente (a 24 cm). As lâminas e camadas com material mais grosso apresentam texturas que variam de franco arenosa a arenosa, com graus de seleção entre as classes muito pobremente selecionada a moderadamente selecionada. As datações obtidas para esta unidade através da técnica da Luminescência Opticamente Estimulada forneceram idades em torno de 200.000 anos. Estes valores altos sugerem que o sinal de luminescência não foi “zerado” no momento da deposição, o que aponta para a provável deposição rápida desta unidade. A hipótese de deposição rápida, que sugere caráter episódico, é reforçada também pelas características da camada que foi truncada (unidade 6). Esta unidade constitui-se de leito de granulação muito fina, silte e argila. Leitos de granulação muito fina requerem velocidades mais elevadas, se comparadas com os leitos formados por areia, para que as partículas sejam colocadas em movimento, em virtude das forças de coesão (SUGUIO, 2003).

Após a incisão deste canal, a área assumiu novo padrão deposicional, com a presença de camadas de material fino (unidades 8, 10, 12, 13, 15, 16 e 17) intercaladas a camadas de material mais grosso (unidades 9, 11 e 14). As características físicas, como cor (cinzentas), a rara concentração de cascalhos (até 2%), a geometria planar (fig. 21, p. 80), as características granulométricas que apontam para predomínio dos tipos de sedimentos com teores acima de 75% de lama (classes D e E, segundo Flemming, 2000) e para grau de seleção pobremente selecionado, os teores de matéria orgânica (até 9,03%), permitem classificar estas unidades como depósitos de planícies de inundação. As unidades 9, 11 e 14

apresentaram, em campo, textura franco arenosa, posteriormente confirmada em laboratório. Observando-se ao gráficos apresentados na fig. 22 (p. 92), picos de areia correspondem às amostras destas unidades. Os dados granulométricos aliados à geometria lenticular destas camadas permitem classificá-las como depósitos de rompimento de diques marginais (fig. 27), estruturas comuns em planícies de inundação (fig. 21, p. 80). Estes depósitos sugerem pulsos de maior energia durante os períodos de cheias.

Segundo a literatura consultada (MIALL, 1985; NICHOLS, 1999; SUGUIO, 2003), os depósitos de rompimento de diques marginais são formados quando a descarga excede a capacidade do canal. Segundo Mendes (1992) durante as cheias, a água pode abrir passagem pelos diques marginais, através da erosão, espalhando-se pela planície de inundação. A água que extravasa para fora do canal perde velocidade rapidamente, depositando silte e argila, que são carregados em suspensão. Se o fluxo for competente o bastante, pode carrear, juntamente com este material, areia em suspensão, que é depositada quando o fluxo perde velocidade.

Outra evidência que permite definir estas camadas como depósitos de planície de inundação é a identificação de provável área pantanosa na seqüência, característica comum a estas áreas (MIALL, 1985; NICHOLS, 1999; SUGUIO, 2003) situadas na margem direita do canal, referente à unidade 7 (fig. 21, p. 80). Esta área pôde ser assim definida a partir dos dados granulométricos, que apontam para o predomínio de materiais finos (silte e argila) e pelos teores de matéria orgânica, atingindo 5,35% e pelas descrições de campo, realizadas durante os levantamentos na trincheira. Foram observadas nas paredes da trincheira na área ocupada pela unidade 10, marcas de folhas na posição vertical, o que indica que as folhas achavam-se de pé, formando banhado limitado, de um lado, pela rampa, e de outro, pela lente de areia que forma a unidade 9.

Esta seção apresenta seqüência sedimentar formada a partir da atuação de processos aluviais e fluviais. Estes processos são descritos através das estruturas sedimentares que se acham ali preservadas, quais sejam: depósitos coluviais, representados pelas unidades 1 e 3; depósitos de canais, exemplificado pelas unidades 5 e 7 e depósitos de planície de inundação com presença de depósitos de rompimentos de diques marginais, representadas pelas unidades de 8 a 17. Estes depósitos permitem inferir características acerca do desenvolvimento desta sub-bacia. Segundo Faria (1998), as bacias de primeira ordem possuem características particulares, sendo que durante sua evolução os eventos de natureza catastrófica, que neste caso podem ser evidenciados pelos depósitos de canal (unidades 5 e 7), acontecem em alternância com eventos regulares, assinalados neste caso pelos depósitos de planície de inundação (unidades de 8 a 17).

6.4 CORRELAÇÃO ENTRE OS EVENTOS REGISTRADOS NAS TRÊS SEÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

As duas seções estratigráficas levantadas em área de encosta, Seção Cabeceira Sudeste (fig. 7, p. 29) e Seção Cabeceira Sudoeste (fig. 13, p. 54), possuem, praticamente, a mesma quantidade de unidades estratigráficas: 17 na Seção Cabeceira Sudeste e 15 na Seção Cabeceira Sudoeste.

O número de horizontes pedológicos (paleossolos) caracterizados para as duas seções é o mesmo: três horizontes pedológicos em cada uma delas. Na Seção Cabeceira Sudeste os paleossolos referem-se às unidades 2, 4 e 13 e na Seção Cabeceira Sudoeste referem-se às unidades 1, 8 e 14. Como mencionado anteriormente, dois dos paleossolos encontrados na Seção Cabeceira Sudeste já foram datados. O paleossolo referente à unidade 8 apresenta idade aproximada de 20.000 anos A.P. e o paleossolo referente á unidade 14 foi datado de 15.000 anos

A.P., aproximadamente. Como exposto no item 5.2.5 foi realizada a correlação entre os horizontes pedológicos destas duas seções, sendo que foi definido que o horizonte pedológico referente à unidade 13 da Seção Cabeceira Sudoeste é correlacionável ao horizonte pedológico referente à unidade 14 da Seção Cabeceira Sudeste.

Aceitando-se esta correlação, seria possível estabelecer que os dois horizontes tivessem se formado no mesmo período, por volta de 15.000 anos A.P., período correlacionável ao início da Inversão Antártica, caracterizado por tendência ao resfriamento.

A partir da correlação entre estes dois horizontes e tendo em vista as características físicas descritas em campo das unidades 15 (Seção Cabeceira Sudeste) e 14 (Seção Cabeceira Sudoeste), tais como geometria, concentração de cascalhos, textura ao tato e tipo de contato, pode-se avançar a hipótese de que estas duas unidades foram formadas após 15.000 anos A.P..

O paleossolo, correspondente a unidade 1 (Seção Cabeceira Sudeste), estratigraficamente mais antigo que o paleossolo referente à unidade 8 (Seção Cabeceira Sudeste), datado de 20.000 anos A.P., apresenta características químicas semelhantes ao paleossolo definido pela unidade 2 da Seção Cabeceira Sudoeste, classificado como horizonte A moderado, ou seja, concentração de baixa a média de matéria orgânica e em resposta tonalidades mais claras (cores brunadas). Se for aceita esta correlação entre os dois paleossolos, pode-se afirmar então que eles foram formados em período anterior há 20.000 anos A.P., em condições de clima mais seco que o atual, condição necessária para o desenvolvimento de horizontes A moderados.

Apesar das camadas coluviais apresentarem características granulométricas diferentes, as unidades que compõe a Seção Cabeceira Sudeste apresentam materiais mais grossos que a unidades da Seção Cabeceira Sudoeste. A geometria das camadas sugere, para as duas seções, presença de camadas coluviais formadas por fluxos difusos (Seção Cabeceira Sudeste: unidades 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9,

10, 11, 12 e 13; Seção Cabeceira Sudoeste: unidades 3, 11 e 12) e fluxos concentrados (Seção Cabeceira Sudeste: unidade 15; Seção Cabeceira Sudoeste: unidades de 6 a 10 e unidade 14).

Na Seção Vale Nordeste, na área do terraço aluvial, foram individualizados dois horizontes pedológicos (paleossolos). O paleossolo da unidade 2 é estratigraficamente mais antigo que 86.000 anos (idade estimada para a unidade 5). Não há dados suficientes que permitam definir o tipo de horizonte A deste paleossolo, de modo a inferir as possíveis condições ambientais nas quais foi formado. No entanto, a concentração de matéria orgânica alta (6,41%) aponta para condições que proporcionem acúmulo de matéria orgânica, como elevadas altitudes e/ou baixas temperaturas.

O paleossolo da unidade 6 foi datado de aproximadamente 12.000 anos A.P. período correlacionável ao Younger Dryas, caracterizado, em geral, por período de resfriamento na transição entre o Pleistoceno e o Holoceno. O período de formação deste paleossolo foi interrompido pela incisão e preenchimento do canal pelo material da unidade 7. As características morfológicas e a explicação que justifica impossibilidade de datar as amostras desta unidade através de métodos de Luminescência sugerem que a deposição desta camada foi relativamente rápida. Na área de encosta as unidades 14 Seção Cabeceira Sudoeste e a unidade 15 da Seção Cabeceira Sudeste, apresentam características físicas e morfológicas que permitem afirmar que o evento que as geraram também foi relativamente rápido. As idades dos paleossolos erodidos durante estes eventos são muito próximas e desta forma pode-se afirmar que estas estruturas foram gerados a partir de um único evento, de natureza catastrófica.

Apesar dos resultados ainda não permitirem definição mais clara acerca da correlação dos eventos ocorridos tanto na área de encosta, como na área do terraço, as evidências aqui apresentadas apontam para a atuação de processos semelhantes nas duas áreas durante o período de desenvolvimento das seqüências pedo-sedimentares. Nestas áreas, fases de estabilidade com desenvolvimento de horizontes pedológicos, foram interrompidas por períodos de erosão nos quais

tiveram lugar fluxos difusos, com a formação de camadas coluviais lenticulares e fluxos concentrados, evidenciando períodos de erosão intensa com incisão e preenchimento de canais que foram posteriormente preenchidos por materiais coluvais (na área de encosta) ou materiais fluviais (na área do terraço aluvial).

6.5 CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL

As duas áreas apresentadas neste trabalho, encosta e calha fluvial, evidenciam mudanças do padrão deposicional durante a fase de desenvolvimento das seqüências pedo-sedimentares.

As áreas de encosta, inseridas em contexto de cabeceira de vale, apresentam camadas coluviais geradas tanto por fluxos difusos, como por fluxos concentrados, (provavelmente de caráter episódico) evidenciando períodos de instabilidade morfodinâmica, com horizontes pedológicos intercalados, que caracterizam períodos de estabilidade morfodinâmica.

Na área do terraço, observam-se dois padrões deposicionais distintos. O primeiro é evidenciado pela formação das unidades 5 e 7, caracterizadas como depósitos de canal, que apontam para condições ambientais em que há forte escoamento superficial e transporte de cascalhos, indicando intensa erosão e caráter episódico do escoamento, com chuvas concentradas e cobertura vegetal insuficiente. A deposição ulterior de depósitos de planície de inundação aponta para eventos mais regulares. Há também na área a presença de dois horizontes pedológicos, evidenciando períodos de certa estabilidade morfodinâmica.

A datação obtida para a formação do depósito de canal, referente à unidade 5, foi 86.000 +/- 10.500 anos, idade correlacionável ao final do estágio 5b (fig. 28). O outro depósito de canal descrito na área, responsável pelo truncamento da unidade

6, datada de aproximadamente 12.000 anos A.P., foi formado provavelmente após 12.000 anos A.P., transição entre Pleistoceno e o Holoceno (fig. 28). Na área de encostas, apesar de não se dispor de datações para as unidades 15 da Seção Cabeceira Sudeste e unidade 14 da Seção Cabeceira Sudoeste, está sendo proposta a hipótese de que ambas foram formadas após 15.000 anos A.P., mais precisamente após 12.000 anos A.P. Esta hipótese leva em consideração, que o evento responsável pela incisão e preenchimento do canal (unidade 7) na Seção Vale Nordeste seria o mesmo responsável pela formação das unidades 15, Seção Cabeceira Sudeste e 14 da Seção Cabeceira Sudoeste.

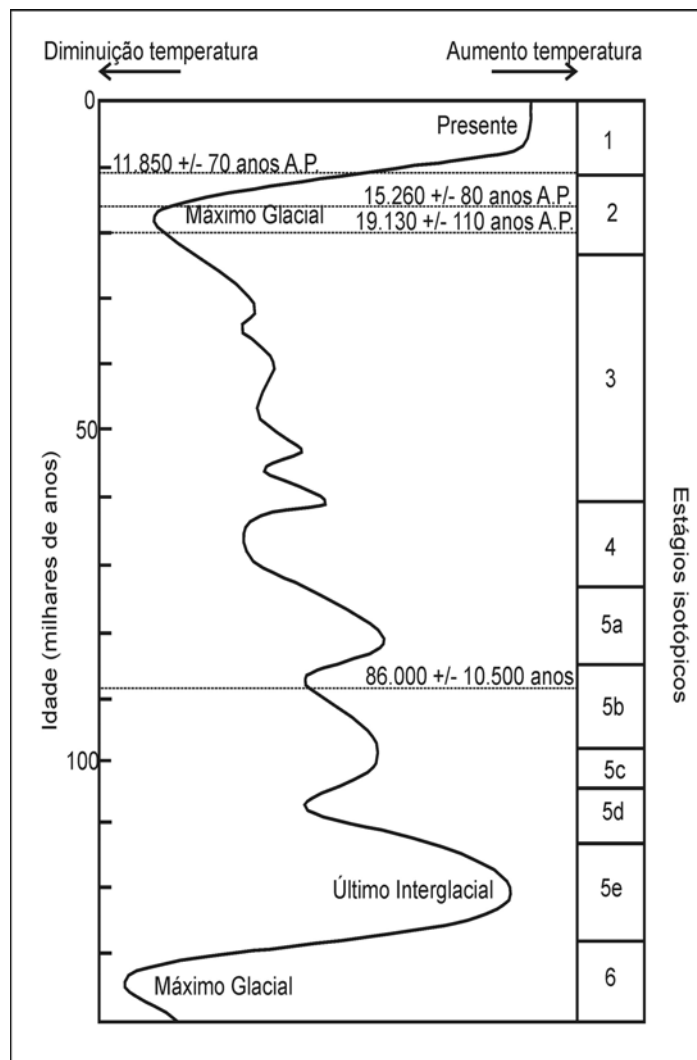


FIGURA 28 Comparação das idades do registro estratigráfico da área de estudos com os Estágios Isotópicos Marinhos calibrados para os últimos 150.000 anos (WILSON et. al., 2000).

A transição do estágio 5b para o interestádio 5a, assinalado na área pela deposição da unidade 5 e a transição Pleistoceno-Holoceno (transição do estágio isotópico 2 para o estágio isotópico 1), período no qual, provavelmente, foram formadas as unidades 7 (Seção Vale Nordeste), 15 (Seção Cabeceira Sudeste) e 14 (Seção cabeceira Sudoeste) apontam para tendência ao aquecimento. De fato, segundo Oliveira et. al. (2001c) a evolução da área de estudo está condicionada de um lado pela tendência ao aquecimento e de outro por tendência ao resfriamento. Durante os períodos de tendência ao aquecimento, evidenciados na área pela transição do estágio 5b para 5a e a transição Holoceno-Pleistoceno, haveria aumento das precipitações e erosão por escoamento concentrado, como os eventos que geraram as estruturas representadas pelas unidades 7 (Seção Vale Nordeste), unidade 15 (Seção Cabeceira Sudeste) e unidade 14 (Seção Cabeceira Sudoeste).

Os paleossolos desenvolvidos na área de estudo e que foram submetidos à análise para determinação de datação radiogênica, apresentaram idades entre 20.000 e 12.000 anos A.P., período que abrange o Último Máximo Glacial, e a transição Pleistoceno-Holoceno, incluindo período correlacionável à oscilação do Younger Dryas (fig. 28). Os períodos de resfriamento global da atmosfera não favorecem a formação de solos, devido à baixa umidade presente na atmosfera, resultante da expansão das geleiras. No entanto, Thomas et. al. (2001) apontam para o comportamento peculiar das áreas tropicais e subtropicais durante as fases mais frias do Quaternário, onde, em certos locais, há aumento da precipitação e diminuição em outros. De fato, na área de estudo, durante os períodos com tendência ao resfriamento, segundo Oliveira et. al. (2001c), haveria redução das precipitações, baixa evaporação, saturação do solo, lenta decomposição da matéria orgânica, desenvolvimento de solos e erosão e transporte por escoamento difuso.

Estas evidências sustentam as hipóteses lançadas por Oliveira et. al. (2001c) para o quadro evolutivo da área. Segundo estes autores, em períodos com tendência ao aquecimento, como a transição do estágio 5b para o interestádio 5a e a transição do estágio isotópico 2 para o estágio isotópico 1 (transição Pleistoceno-Holoceno), eventos aos quais as idades obtidas na área seriam correlacionáveis, há aumento das precipitações e erosão por escoamento concentrado. Já nos períodos

com tendência ao resfriamento como início da Inversão Antártica, Último Máximo Glacial e Younger Dryas eventos globais e hemisféricos aos quais as idades dos paleossolos encontrados estão correlacionadas, haveria decomposição lenta de matéria orgânica, responsável pela formação dos horizontes húmicos espessos encontrados na área, redução nas precipitações, baixa evaporação, saturação do solo e erosão e escoamento por transporte difuso.

Estes resultados também apontam para comportamento peculiar da área durante os períodos frios do Quaternário, nos quais não haveria, em princípio, condições favoráveis para o desenvolvimento de horizontes pedológicos espessos.

O esclarecimento do real significado destas transições na área requer análises mais aprofundadas como análises palinológica; maior quantidade de datações, e continuidade de análises que determinem características morfológicas, granulométricas e químicas dos materiais, úteis para a interpretação paleoambiental.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo apresenta seqüência evolutiva que se inicia antes de período correlacionável ao estágio do Estágio Isotópico Marinho 5b, uma das fases frias do penúltimo interglacial.

Durante o período de evolução da bacia a área passou por períodos de morfogênese assinalada pela formação de camadas coluviais na área de encosta e camadas fluviais e aluviais, definidas como depósitos de canal e planície de inundação, na área do terraço, e por períodos de pedogênese com formação de horizontes pedológicos.

Os dados granulométricos e químicos apoiados nos resultados das datações permitiram determinar seqüência cronológica parcial para os eventos ocorridos na área e que foram responsáveis pela evolução desta bacia.

A análise granulométrica, com a utilização do Diagrama de Flemming, mostrou-se eficaz no sentido de diferenciar os diferentes ambientes de sedimentação encontrados na área. Na área de encosta, as amostras tenderam a ocupar a parte central do diagrama, que representa sedimentos com maior aporte de da fração areia (ou maiores que 2 mm), indicando fluxos mais competentes. Já na área do terraço, as amostras apresentaram uma distribuição em banda relativamente larga, indicando variação na energia dos fluxos, padrão típico em ambiente aluvial.

Os dados químicos, teores de matéria orgânica e índice de saturação por bases foram importantes na distinção, primeiramente, entre camadas minerais e horizontes pedológicos e, num segundo momento, na definição do tipo de horizonte

A, que pode auxiliar na caracterização das condições ambientais da área durante seu desenvolvimento.

As análises de determinação de matéria orgânica apontaram para a necessidade da utilização de outros métodos, em substituição ao método da oxidação com peróxido de hidrogênio, bastante difundido e relativamente ineficaz. Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, observou-se que este método não é útil para a inferência dos teores de matéria orgânica, uma vez que suas reações se processam com a água e oxigênio retidos nos materiais, o que representa problema para materiais coluviais que são muito porosos e extremamente higroscópicos. Desta forma, sugere-se a utilização de métodos que tomem por base a quantificação do carbono orgânico, como o método colorimétrico ou o método proposto por Walkley-Black, utilizado neste trabalho.

Em virtude do pouco número de datações absolutas para a área de encosta, o objetivo geral deste trabalho não foi plenamente cumprido. No entanto, os dados granulométricos e os dados químicos obtidos para o conjunto da bacia se mostraram promissores tanto para a reconstrução do quadro evolutivo, como para verificar a relação dos eventos ocorridos na área da encosta com os eventos registrados na área do terraço, permitindo ainda a formulação de correlação estratigráfica hipotética que deverá ser devidamente testada no futuro.

O aprofundamento dos estudos na área requer o levantamento de novas seções estratigráficas; a implementação de datações absolutas para os paleossolos ainda não datados; a implementação de análises palinológicas para caracterização paleoidrológica, e o aprofundamento das análises granulométricas e químicas para o fortalecimento de análises paramétrica.

8. BIBLIOGRAFIA

AHARON, P. & CHAPPELL, J. *Oxygen isotope sea-level changes and the temperature history of a coral reef environment in New Guinea over the last 10⁵ years*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 56: 337 – 352, 1986.

BRASIL, J. W. *Contribuição de levantamentos topográficos planialtimétricos para estudos de evolução geomorfológica*. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC. Florianópolis, 2004.

BIONDI, J. C.; VASCONCELLOS, E. M. G. & VANZELA, G. A. *Estudo comparativo entre os minérios da mina Bateias e de outras minas da região de Campo Alegre (Santa Catarina)*. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(2): 245/254, junho de 2002.

BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos – compêndio universitário sobre edafologia*. Freitas Bastos. 4^o edição. Rio de Janeiro, RJ, 1976.

CAMARGO, G. & OLIVEIRA, M.A.T. *Análise tridimensional de volumes de solo e evolução de encosta em área afetada por erosão em voçorocas e em túneis no Sul do Segundo Planalto Paranaense*, *Revista GEOSUL*, 14 (27): 430-436, 1998.

CLEMENT, A.C.; SEAGER, R. & CANE, M.A. *Orbital controls on the El Niño/Southern Oscillation and the tropical climate*. *Paleoceanography*, 14 (4): 441-456, 1999.

DIETRICH, W. E. & DUNNE, T. *The channel head*. In: BEVEN, K & KIRKBY, M. J. (eds.). *Channel network hydrology*. John Willey e Sons Ltd, p. 175-219, 1993.

FARIA, A. P. *Fluxos normais e catastróficos na evolução de pequenos canais fluviais em áreas florestadas*. *Revista GEOSUL*, 14 (27): 350-354. Florianópolis, 1998.

FAULKNER, H. *Gully erosion associated with the expansion of unterraced almond cultivation in the coastal Sierra de Lujar, S. Spain*. *Land Degradation and Rehabilitation*, 6: 179-200, 1995.

FLEMMING, B. W. *A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams*. *Continental Shelf Research*, n 20, pp. 1125-1137, 2000.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. *Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters*. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, p.03-27, 1957.

GIANNINI, P. C. F. & RICCOMINI, C. *Sedimentos e processos sedimentares*. In: TEIXEIRA, W, TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R., TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos. São Paulo, 2001.

GUERRA, A, J. T. *O início do processo erosivo*. In: GUERRA, Antônio José Teixeira. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Bertrand Brasil. Rio

de Janeiro, RJ, 1999.

HENDERSON, G.M. & SLOWEI, N.C. Evidence from U-Th dating against Northern Hemisphere forcing of the penultimate deglaciation. *Nature*, 404: 61-66, 2000.

LATRUBESSE, E.M. & FRANZINELLI, E. *Late Quaternary alluvial sedimentation in the upper Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil: palaeohydrological implications*. In: Benito, G.; Baker, V.R. e Gregory, K.J. (eds.) *Palaeohydrology and Environmental Change*. Chichester, John Wiley. p. 259-271, 1998.

LIMA, G.L. *Caracterização de solos colúviais em área de cabeceira de drenagem; Cerro do Touro, Campo Alegre-SC*. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC, Florianópolis, 2002.

LIMA, S. F. ANASED *Análise granulométrica*. Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada, UFC, 1999. (Software)

MEIS, M.R.M. & MOURA, J.R.S. *Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution: Southeastern Brazilian Plateau*. *American Journal of Science*, 284: 241-254, 1984.

MEURER, E. J. *Fundamentos de química do solo*. Genesis. Porto Alegre, 2004.

MENDES, J. C.. *Elementos de estratigrafia*. T. A. Queiroz Neto. São Paulo, SP, 1992.

MIALL, A. D. *Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits*. *Earth-Science Reviews*, 22, 261-308. Elsevier Publishers B.V., Amsterdam, 1985.

MOURA, J.R.S. *Geomorfologia do Quaternário*. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Editores): *Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

MOURA, J. R. S. & SILVA, T. M. *Complexo de rampas de colúvio*. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. *Geomorfologia do Brasil*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

MUSY, A & SOUTTER, M. *Physique du sol*. Presses Polytechnique et Universitaires. Romandes. Lausame, 1991.

NICHOLS, S. *Sedimentology & Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd, 1999.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M. N. *Classes gerais de solos do Brasil- guia auxiliar para seu reconhecimento*. FUNEP. 2ª edição. Jaboticabal, 1992.

OLIVEIRA, M. A. T. *Erosion disconformities and gully morphology: a three-dimensional approach*. *CATENA*, 16: 413-23, 1989.

OLIVEIRA, M. A. T. *Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçoroca*. In: GUERRA, Antônio José Teixeira. *Erosão e conservação dos solos*:

conceitos, temas e aplicações. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, RJ, 1999.

OLIVEIRA, M.A.T. *Past and present gully erosion rates on Southern Brazilian valley-heads: paleo-hydrologic interpretation of slope channel linkages*. In: GLOBAL CHANGE MEETING: LINKAGE OF HILLSLOPE EROSION TO SEDIMENT TRANSPORT AND STORAGE IN RIVER AND FLOODPLAIN SYSTEMS, 2000, Almeria, Espanha. Abstracts and Field Guide...Almeria, Editor, p.21, 2000.

OLIVEIRA, M.A.T. & PEREIRA, K. N. *Identificação de Solos Colúviais em Áreas de Cabeceira de Drenagem: Cerro do Touro, Campo Alegre (SC)*, Revista GEOSUL, 14 (27): 476-481. Florianópolis, 1998.

OLIVEIRA, M.A.T.; CAMARGO, G.; PAISANI, J.C. & CAMARGO FILHO, M. *Erosão e sedimentação atual em cabeceiras de drenagem: interpretação paleohidrológica de conexões entre encostas e canais*. CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO – ABEQUA, 8., 2001, Imbé (RS). Boletim de Resumos...Imbé, ABEQUA, p. 271-273, 2001a.

OLIVEIRA, M.A.T.; PAISANI, J.C.; CAMARGO, G. & CAMARGO FILHO, M. *Análise macro e microscópica de estruturas sedimentares atuais e pretéritas: base para interpretação paleohidrológica de depósitos de baixa encosta*. CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO - ABEQUA, 8., 2001, Imbé (RS), Boletim de Resumos...Imbé, p. 273-275, 2001b.

OLIVEIRA, M. A. T.; CAMARGO, G.; PAISANI, J. C. & CAMARGO FILHO, M. *Caracterização paleohidrológica de estruturas sedimentares quaternárias através de análises macroscópicas e microscópicas: do registro sedimentar local aos indícios de mudanças globais*. Pesquisa em Geociências, vol. 28, n. 2, p. 183-195, 2001c.

OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R. *Environmental changes in highland valley head areas during the Late Pleistocene of Santa Catarina State, Southern Brazil*. XVI INQUA Congress Program with Abstracts, July 23-30, 2003, Reno Nevada... published by "The desert research Institute", Reno, Nevada, p.84, 2003.

OLIVEIRA, M. A. T. & LIMA, G. L. *Classificação de sedimentos quaternários em cabeceiras de vale através da aplicação do diagrama de Flemming: município de Campo Alegre, Norte de Santa Catarina*, no prelo.

PAISANI, J.C. & OLIVEIRA, M.A.T. *Identificação de Paleossolos em Áreas de Cabeceira de Drenagem: O Caso da Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR)*, Revista GEOSUL, 14 (27): 470-475, 1998.

PEIXOTO, M. N. O.; TATUMI, S. H.; MELLO, C. L.; BARRETO, A. M.; MOURA, J. R. S. *Comparação entre idades obtidas por luminescência e idades radiocarbono de depósitos colúviais quaternários – Bananal e Barra Mansa (SP/RJ) Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul*. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas e II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. Recife, 12 a 19/10/2003.

ROSCOE, R. & MACHADO, P. L. O. *Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica*. EMBRAPA. Dourados, 2002.

SALGADO-LABORIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. Edgard Blucher. São Paulo, 1994.

SANTA CATARINA, GABINETE DE PALNEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL, SUBCHEFIA DE ESTATÍSTICA, GEOGRAFIA E INFORMÁTICA. *Atlas de Santa Catarina*. Aerofoto Cruzeiro. Rio de Janeiro, 1986.

SERVANT, M.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. & FOURNIER, M. *Alluvial fans in Southeastern Brazil as an evidence for early Holocene dry climate period*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY, 1989, São Paulo, Brazil, Special Publication n.1: 75-77, 1989.

SUGUIO, K. *Introdução a Sedimentologia*. Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 1973.

SUGUIO, K. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais*. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas. São Paulo, SP, 1999.

SUGUIO, K. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998.

SUGUIO, K. *Geologia sedimentar*. Edgard Blucher LTDA. São Paulo 2003.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. BOHNEN, H. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Bol. Técnico nº 5. UFRGS, Departamento de Solos – Faculdade de Agronomia. Porto Alegre, 1985.

THOMAS, M. F. *Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes*. John Wiley and Sons Ed. Winchester, England. 460 p., 1994.

THOMAS, M.F.; NOTT, J. & PRICE, D.M. *Late Quaternary sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia*. *Geomorphology*, 39: 53-68, 2001.

TOMAZZOLI, E. R.; FURTADO, S. M. A. & PELÉRIN, J. M. *Aspectos geológicos da seqüência vulcanossedimentar de Campo Alegre*. 1º Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, 1999, Gramado, RS. Anais do..., 1999.

TOMÉ JR, J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Livraria Editora Agropecuária. Guaíba, 1997.

VAN ANDEL, T.A. *New views on an old planet*. Cambridge University Press, 1992.

VEDKAMP, A. & TEBBENS, L.A. *Registration of abrupt climate changes within fluvial systems: insights from numerical modelling experiments*. *Global and Planetary Change*, 28: 129-144, 2001.

WHALLEY, W. B. *Material Properties*. In: Goudie, A. *et al.* (Ed.) *Geomorphological Techniques*, 2^a Ed., p.111-191, 1990.

WILSON, R. C. L.; DRURY, S. A.; CHAPMAN, J. L. *The Great Ice Age*. Routledge. London, 2000.