

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Rômulo Augusto Aragonês Aita

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA ARGILA NUMA TOPOSEQUÊNCIA EM
UM SEGMENTO DE VERTENTE NO DISTRITO DE PAINS - SANTA
MARIA, RS**

Santa Maria, RS
2016

Rômulo Augusto Aragonês Aita

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA ARGILA NUMA TOPOSEQUÊNCIA EM UM
SEGMENTO DE VERTENTE NO DISTRITO DE PAINS - SANTA MARIA, RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGGeo), **Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial**, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Aita, Rômulo Augusto Aragonês

Variação espacial da argila numa toposequência em um segmento de vertente no Distrito de Pains - Santa Maria, RS / Rômulo Augusto Aragonês Aita.- 2016.

124 p.; 30 cm

Orientador: Mauro Kumpfer Werlang

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2016

1. Formação Santa Maria 2. Análise Estrutural 3. Cobertura Pedológica 4. Fração Argila 5. Morfogênese I. Werlang, Mauro Kumpfer II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Rômulo Augusto Aragonês Aita. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: romuloaita@gmail.com

Rômulo Augusto Aragonês Aita

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA ARGILA NUMA TOPOSEQUÊNCIA EM UM
SEGMENTO DE VERTENTE NO DISTRITO DE PAINS - SANTA MARIA, RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGGeo), **Área de Concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial**, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Geografia**.

Aprovado em 30 de junho de 2016:

Mauro Kumpfer Werlang, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Elsbeth Léia Spode Becker, Dr^a. (UNIFRA)

Andrea Valli Nummer, Dr^a. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a minha esposa Fabiane, pelo companheirismo incondicional... e a minha filha Beatriz, por me mostrar que tudo é possível.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente tenho que agradecer à Universidade Federal de Santa Maria por ter me proporcionado, assim como a muitos, a oportunidade de estudar, trabalhar e voltar a estudar ainda trabalhando em um ambiente de intensa profusão de realizações e conquistas. Cabe agradecer aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Geografia no qual percorri uma trajetória que surpreendeu minhas expectativas pelo apreço aos discentes, organização e vontade de construir uma análise e percepção do espaço projetando o aluno no futuro de forma bem amparada.

Nesse contexto, agradeço em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang, pelo suporte à produção deste estudo e o apoio à inserção no universo da produção científica. Também reservo um especial agradecimento a Prof. Dr^a Andréa Valli Nummer pela disposição em dar bons conselhos. Também não posso deixar de agradecer de maneira geral ao Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria por proporcionar um ambiente favorável de trabalho e estudo facilitando minha investida no Programa de Pós-Graduação em Geografia com sucesso.

Faço uma especial ressalva do carisma dos colegas de trabalho: Renatinho, já aposentado, que me ensinou muito da metodologia aplicada às determinações utilizadas, Nilza, pelo cuidado e dedicação que tem pelos colegas, Liliane e Ronaldo pelo companheirismo e a todos os demais colegas pelas inteligentes conversas de corredor, sugestão de literaturas ou metodologias, ou ainda questões de inserção paradigmáticas. Enfim, a este ambiente de estudo, trabalho e convívio que é o Departamento de Geociências.

Finalmente, agradeço encarecidamente ao Dr. Enedir Borges Teixeira pelo consentimento aos procedimentos e coleta de amostras em suas terras sem o qual não haveria o objeto deste estudo.

“A única constante é a mudança”

Heráclito de Éfeso, 400 a. C.

RESUMO

VARIAÇÃO ESPACIAL DA ARGILA NUMA TOPOSEQUÊNCIA EM UM SEGMENTO DE VERTENTE NO DISTRITO DE PAINS - SANTA MARIA, RS

AUTOR: Rômulo Augusto Aragonês Aita
ORIENTADOR: Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang

O presente estudo propõe a investigação da existência de um fluxo lateral subsuperficial carreador de partículas com implicações morfogenéticas. Considerando a pertinência para nossa análise de um trabalho de Werlang et al. (2014), este projeto toma como base as conclusões obtidas com a aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica em uma topossequência. A partir dessas considerações, bem como da significativa constatação de uma notória baixa condutividade hidráulica dos horizontes subsuperficiais comprovada em ensaios, foi possível identificar um fluxo lateral predominante no horizonte E ao longo da topossequência. Em uma área próxima a do estudo mencionado, foi selecionado um segmento de vertente a partir do qual se procedeu ao levantamento topográfico preliminar e definiu-se os pontos de ruptura geomórfica deste segmento de vertente. Subsequentemente, foram realizadas sondagens ao longo da topossequência nos pontos destas rupturas geomórficas, determinando profundidade e espessura dos horizontes presentes e coletando amostras para análise laboratorial. Foi realizada também a descrição morfológica dos perfis sondados. Finalizada esta etapa dos trabalhos de campo, efetuou-se um novo levantamento destinado a situar, dentro da área referida, os pontos de sondagem visando possibilitar a obtenção de um perfil da topossequência do segmento de vertente. O procedimento permitiu uma análise bidimensional da cobertura pedológica que subsidiou inferências significativas. Contabilizando os resultados dessa análise, foi caracterizada em campo e em laboratório a situação das litologias presentes na área relativa à Formação Santa Maria. Com as amostras resultantes deste procedimento foi possível realizar a análise granulométrica, sendo a seguir tabulados e discutidos os dados obtidos. Foi possível então identificar gradientes de concentrações das diferentes classes granulométricas, que foram utilizados para definir uma dinâmica de fluxos em superfície e subsuperfície subsidiando as discussões. A presença de gradientes positivos, ainda que tênues, na fração argila no sentido do declive da vertente, possibilitou inferir a existência de um fluxo subsuperficial com carreamento e acúmulo de materiais no topo do horizonte B dos perfis situados em cotas inferiores. Isso permitiu constatar a validade do propósito deste estudo, observando que a presença de duas litologias de permeabilidade distintas tenha demonstrado que a dinâmica de uma vertente é invariavelmente complexa, visto que inserida no todo da paisagem e contemplando mais de um fator determinante.

Palavras-chave: Formação Santa Maria. Análise Estrutural. Cobertura Pedológica. Fração Argila. Morfogênese.

ABSTRACT

SPATIAL CLAY VARIATION IN A HILLSLOPE TOPOSEQUENCE SEGMENT IN THE MUNICIPALITY OF PAINS, SANTA MARIA, RS

AUTHOR: RÔMULO AUGUSTO ARAGONÊS AITA
ADVISER PROFESSOR: DR MAURO KUMPFER WERLANG

This research puts forward as its central subject an inquiry into the existence of an underground lateral flow capable of carrying particles that leads to morphogenetical implications. Regarding the pertinence to this analysis of a survey by Werlang et al. (2014), this project builds on the conclusions reached by the application of the pedological cover structural analysis in a toposequence. From these outcomes, as well as due to the significant finding of a notorious low hydraulic conductivity of the underground horizons proven in trials, it was possible identify a lateral flow predominantly on the eluvial horizon. In an area next to that the mentioned study took place, we selected a hillslope to proceed a preliminary topographic survey to define the hillslope geomorphic nature and set up the geomorphic breaking points of this hillslope. Subsequently, this allowed to conduct the soil sounding along the toposequence of eleven points in these geomorphic breaking points, determining depth and thickness of the present horizons and collecting samples for laboratory analysis. Similarly, the morphological description of the probed profiles was performed. After this stage of field works, a new topographic survey was conducted designed to locate, within the mentioned area, the probing points aiming at obtaining a profile of the hillslope toposesquence segment data. This procedure allowed to obtain a bidimensional analysis of the pedological cover and enabled to develop several substantial inferences. Taking into account the results of this analysis, we proceed to characterize, both in field and laboratory, the present litology condition in the area on the Santa Maria Formation. The samples obtained in field allowed to accomplish the granulometrical characterization, and next, tabulate these data. In this way, the discussion could identify gradients of concentration from different granulometrical grades, which were then used to define a dynamics based on surface and underground flows supporting a wide discussion engaged thereof. The presence of positive gradients, albeit tenuous, in the clay fraction down the slope, afforded to infer the existence of a subsurface flow with transport and further accumulation of material on top of the B horizon of profiles located at lower levels. Accordingly, this allowed to testify the validity of purpose of this study, noting however the presence of two distinct litologies from the Santa Maria Formation whose permeability has shown that the dynamics of the hillslope is highly complex insomuch as inserted in the landscape as a whole.

Keywords: Geological Formation Santa Maria. Pedological Cover. Structural Analyses. Clay fraction. Morphogenesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Visão parcial da área estudada	25
Figura 2 –	Mapa de localização da área na qual se encontra a topossequência da vertente estudada	26
Figura 3 –	Detalhe de contato entre camadas estratigráficas, inferior e superior, da Formação Santa Maria, encontrado no terço médio inferior do segmento de vertente em estudo.....	43
Figura 4 –	Modelo digital de elevação abrangendo situação da área estudada e cercanias	45
Figura 5 –	Isolinhas obtidas em levantamento preliminar da área	49
Figura 6 –	Levantamento final da área incluindo localização dos perfis da topossequência do segmento de vertente	50
Figura 7 –	Escala granulométrica de Wentworth	54
Figura 8 –	Representação em escala da situação dos horizontes e respectivos perfis sondados na topossequência do segmento de vertente estudado.....	71
Figura 9 –	Representação em escala da situação dos perfis e respectivos horizontes sondados na topossequência indicando fluxos hídricos superficiais predominantes	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na primeira tradagem (T1).....	60
Quadro 2 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na segunda tradagem (T2).....	61
Quadro 3 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na terceira tradagem (T3).....	62
Quadro 4 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na quarta tradagem (T4)	63
Quadro 5 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na quinta tradagem (T5).....	64
Quadro 6 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na sexta tradagem (T6)	65
Quadro 7 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na sétima tradagem (T7)	66
Quadro 8 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na Oitava tradagem (T8)	67
Quadro 9 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da nona tradagem (T9)	67
Quadro 10 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da décima tradagem (T10).....	68
Quadro 11 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da décima primeira tradagem (T11).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores percentuais obtidos nas análises granulométricas das litologias da Formação Santa Maria (Membro Alemoa e Membro Passo das Tropas).....	73
Tabela 2 – Valores percentuais da fração areia obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência.....	74
Tabela 3 – Valores percentuais da fração silte obtidos nas análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência.....	75
Tabela 4 – Valores percentuais da fração argila total obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência.....	77
Tabela 5 – Valores percentuais da fração argila > 0,0005 mm (argila total – coloide), obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência	84
Tabela 6 – Valores percentuais da fração coloide (argila < 0,0005mm), obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência	86
Tabela 7 – Representação em escala da situação dos perfis e respectivos horizontes sondados na topossequência indicando fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais predominantes	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA	27
2.2	A ESCALA E SUA IMPORTÂNCIA NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA.....	28
2.3	OS NÍVEIS DA ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA DE AB'SABER	29
2.4	A VERTENTE COMO CATEGORIA DE ESTUDO DO RELEVO	32
2.5	PRINCIPAIS CONCEITOS EM PEDOLOGIA.....	33
2.6	A ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA	35
2.7	RELAÇÕES ENTRE RELEVO E FLUXOS HÍDRICOS	37
3	METODOLOGIA	41
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	42
3.1.1	A litologia formação Santa Maria	42
3.1.2	Compartimentação do relevo	43
3.1.3	Clima, vegetação e solos	46
3.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	47
3.2.1	Levantamento topográfico	47
3.2.2	Descrição morfológica de solos	51
3.2.3	Análise granulométrica dos horizontes	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	RESULTADOS DAS DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DOS HORIZONTES	59
4.1.1	Perfil 1	59
4.1.2	Perfil 2	61
4.1.3	Perfil 3	62
4.1.4	Perfil 4	63
4.1.5	Perfil 5	63
4.1.6	Perfil 6	64
4.1.7	Perfil 7	65
4.1.8	Perfil 8	66
4.1.9	Perfil 9	67
4.1.10	Perfil 10	68
4.1.11	Perfil 11	69
4.2	REPRESENTAÇÃO EM ESCALA DA SITUAÇÃO DOS PERFIS E RESPECTIVOS HORIZONTES NA TOPOSEQUÊNCIA	70
4.3	RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	72
4.3.1	Granulometrias das litologias presentes no segmento de vertente	73
4.3.2	Granulometria dos horizontes presentes na topossequência do segmento de vertente	74
<i>4.3.2.1</i>	<i>Valores obtidos da fração areia</i>	<i>74</i>
<i>4.3.2.2</i>	<i>Valores obtidos da fração silte</i>	<i>75</i>
<i>4.3.2.3</i>	<i>Valores obtidos da fração argila total</i>	<i>76</i>
<i>4.3.2.4</i>	<i>Valores obtidos na Fração Argila >0,0005 mm (argila total – colóide)</i>	<i>84</i>
<i>4.3.2.5</i>	<i>Valores obtidos na Fração Argila <0,0005 mm (colóide)</i>	<i>85</i>
5	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	97

APÊNDICES	101
APÊNDICE A – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 1	103
APÊNDICE B – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 2	104
APÊNDICE C – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 3	105
APÊNDICE D – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 4	106
APÊNDICE E – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 5	107
APÊNDICE F – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 6	108
APÊNDICE G – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 7	109
APÊNDICE H – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 8	110
APÊNDICE I – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 9	111
APÊNDICE J – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 10	112
APÊNDICE K – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 11	113
APÊNDICE L – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 1	114
APÊNDICE M – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 2	115
APÊNDICE N – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 3	116
APÊNDICE O – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 4	117
APÊNDICE P – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 5	118
APÊNDICE Q – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 6	119
APÊNDICE R – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 7	120
APÊNDICE S – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 8	121
APÊNDICE T – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 9	122
APÊNDICE U – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 10	123
APÊNDICE V – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 11	124

1 INTRODUÇÃO

Os processos pedogenéticos se dão nas camadas mais superficiais da crosta terrestre fazendo do solo a fronteira entre o embasamento rochoso e a atmosfera. Regidos impreterivelmente pela presença de água e seus fluxos, os processos pedogenéticos condicionam as características superficiais e subsuperficiais dos materiais provenientes da alteração da rocha.

O estudo da relevância da influência pedológica na formação do relevo toma vulto diante das evidências que atribuem aos eventos hídricos na cobertura pedológica, intermediária ao embasamento rochoso e a atmosfera, um grande efeito de preparação destes materiais a ação dos elementos morfoclimáticos, consequente denudação e, portanto, a conformação da paisagem.

Dada à intensidade dos eventos hídricos nas porções superficiais da crosta terrestre muitos autores propõem uma perspectiva onde, não só a denudação seria responsável pela variação volumétrica da compartimentação do relevo, mas também processos internos, desde frentes de alteração nas camadas mais superficiais do embasamento até perdas de massa ligadas a fluxos hídricos subsuperficiais, fazendo da pedogênese a interface distal de processos morfogenéticos pretéritos e atuais.

Abordando o tema, Werlang et al. (2014), caracterizaram a cobertura pedológica em Argissolos enfatizando a presença de horizontes subsuperficiais de baixa condutividade hidráulica apresentando condições favoráveis a formação de um fluxo lateral acima destes horizontes menos permeáveis. Uma vez caracterizadas as condições à existência de um fluxo hídrico lateral em subsuperfície, muitas discussões surgiram para definir sua interferência na configuração do relevo regional, dentre elas, o tema deste estudo.

Foi a partir do artigo publicado em 2014 sobre um Argissolo Vermelho Distrófico no distrito de Pains/Santa Maria, RS, que o presente estudo teve início, buscando responder se haveria um componente de transporte lateral de partículas sólidas ao longo de uma topossequência devido a um fluxo lateral em subsuperfície e sua provável participação em processos de rebaixamento do relevo.

Assim, este estudo tem como objetivo analisar a variação espacial da argila em uma topossequência em um segmento de vertente no distrito de Pains, Santa Maria/RS, e suas implicações morfogenéticas. Para tanto, parte de um levantamento planialtimétrico para obtenção da curvatura do perfil do relevo desta topossequência

e além de onze sondagens com trado nos pontos de rupturas geomórficas deste segmento de vertente (Figura 1), sondando até o topo do horizonte B e caracterizando este estudo como uma investigação essencialmente pedológica.

Dessa maneira obteve-se uma descrição dos perfis pedológicos a partir de sondagens mediante determinação das profundidades e coleta das respectivas amostras fazendo-se em laboratório a determinação das classes granulométricas. Uma vez obtidos os dados, foi possível efetuar uma representação da topossequência em relevo e subsuperfície permitindo a análise e discussão das dinâmicas presentes em tal segmento de vertente.

Este estudo aborda em seus capítulos iniciais conteúdos pertinentes ao desenvolvimento do tema em um eixo teórico que se desenvolve levando à recapitulação de algumas bases teóricas do estudo geomorfológico buscando imprimir uma abordagem sintética do que existe na área estudada. Inicialmente, trata-se de alguns autores que abordam a relevância dos processos pedológicos na conformação do modelado do relevo de forma ativa. Posteriormente, apresenta-se a menção de escala para a análise geomorfológica partindo da necessidade de inserir o estudo dentro do conceito de paisagem em sua concepção sistêmica englobando parâmetros espaciais que abarcam desde as dimensões macroscópicas dos elementos da paisagem até, enfim, diminutas formas microscópicas, como de partículas de argilas possibilitando assim sintetizar, de forma teórica, a própria paisagem como um todo.

Em seguida apresenta-se os níveis de abordagem geomorfológica propostos por Ab'Saber, em 1969, como diretriz para discutir aspectos da geomorfologia do Brasil tropical e intertropical. Segue-se com uma abordagem da vertente como categoria de análise do relevo, sua relevância, definição e seus limites dentro de análise geomorfológica. Uma breve revisão e apresentação de princípios sobre a ciência pedológica é discutida neste subcapítulo, mais teórica que prática, com uma perspectiva histórica denotando as relações sintéticas onde a paisagem está bastante presente.

Dando sequência, apresenta-se a metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica como instrumento de identificação das relações solo-relevo na conformação da paisagem, onde a pedologia está voltada para as dinâmicas em catena dos sistemas pedológicos em transformação e suas implicações geomorfológicas, focando a pedologia como determinante, em sua escala, das relações de transferência da paisagem. Uma vez que as relações de transferências, bem como os processos determinantes da paisagem se dão em grande parte em

função dos fluxos hídricos, reserva-se um capítulo final no referencial teórico abordando este tema.

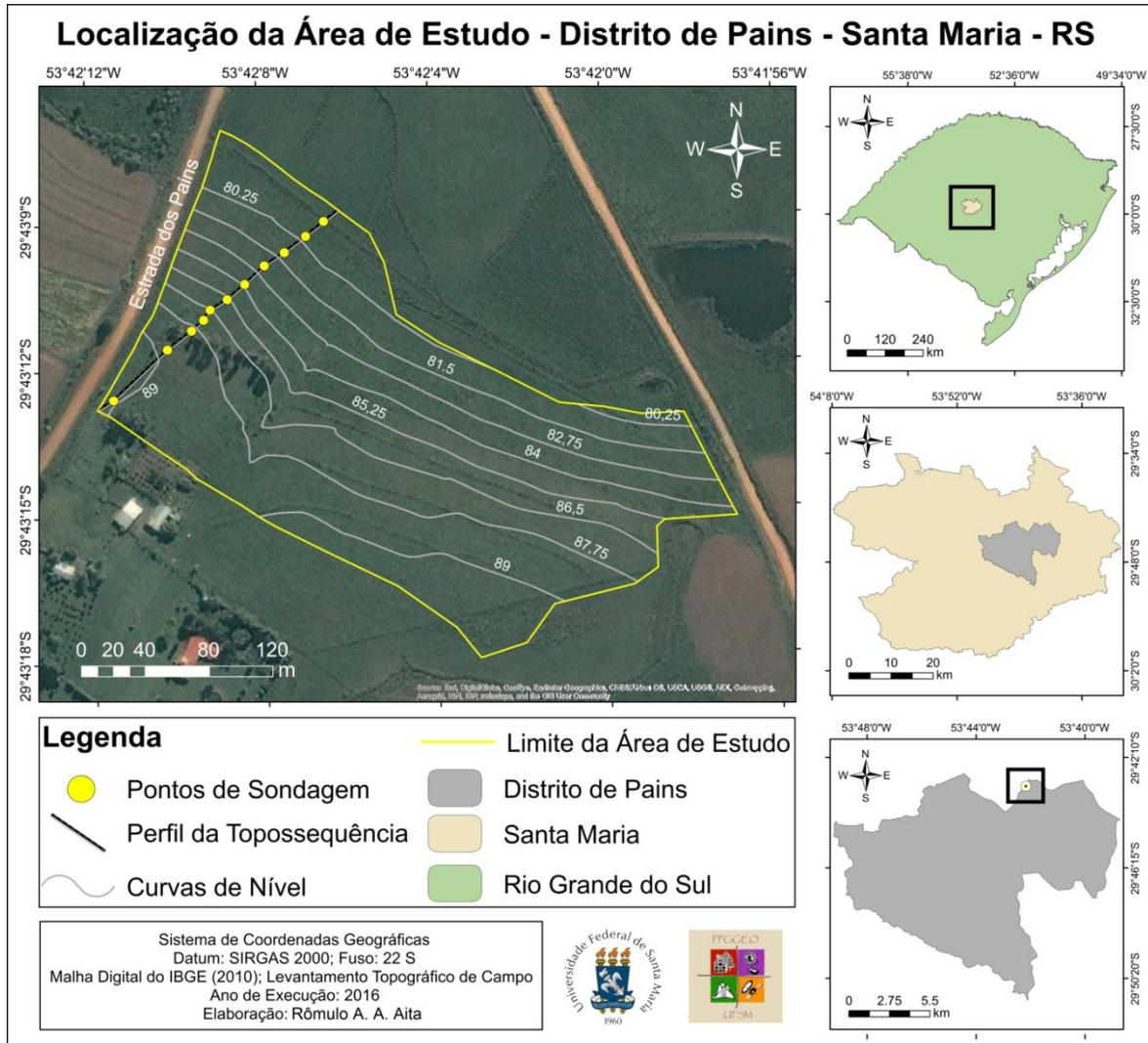
A metodologia, comportando a caracterização da área em suas litologias, seu clima, vegetação e solos, traça um breve esboço das características presentes na área definindo sua identidade. A descrição dos procedimentos técnicos aborda as metodologias utilizadas para a obtenção dos dados tanto em campo quanto em laboratório, demonstrando procedimentos e descrevendo as características pertinentes à área levantada.

Com os procedimentos elaborados para a realização desse estudo pôde-se caracterizar e definir a cobertura pedológica do segmento de vertente em estudo bem como suas litologias, possibilitando uma análise dos resultados obtidos levando a discussões que permitiram definir a situação da vertente e seus fluxos hídricos subsuperficiais, focando principalmente na elucidação das implicações morfogenéticas das variações espaciais de argila.

Figura 1 – Visão parcial da área estudada



Figura 2 – Mapa de localização da área na qual se encontra a topossequência da vertente estudada



2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA

Segundo Espindola (2010), a Geomorfologia e a Pedologia surgiram em épocas e lugares distintos com o propósito de oferecer uma visão dinâmica das formações superficiais da litosfera a partir dos seus respectivos objetos de estudo: o relevo e os solos, respectivamente, traduzindo-se assim, de forma dinâmica, na evolução da paisagem. A evolução do relevo, de acordo com o autor, em áreas desprovidas de movimentos tectônicos expressivos, estaria subordinada aos mecanismos de acumulação e remoção dos materiais das formações superficiais.

Compartimentos com relevos suaves estariam sujeitos a acúmulos de espessos mantos de alteração, enquanto relevos ondulados estariam sujeitos a descarnamentos erosivos e solos rasos. Sendo assim, raramente é atribuído ao solo a co-responsabilidade pelas modificações dos fluxos hídricos geradores das denudações.

Selby (1993), afirma que a pedogênese é produto da interação de diversos fatores e que, por sua vez, também modifica estes fatores onde movimentos de bases, matéria orgânica e argila reduzem a espessura dos horizontes fazendo com que as transferências pedológicas mudem as propriedades físicas do solo, modificando também a resistência aos futuros processos geomórficos.

Millot (1983), ao considerar o intemperismo e a pedogênese, os entende como fatores muito ativos e intermediários entre o embasamento rochoso e a denudação. Destaca que o papel do intemperismo é o da desagregação, com transformação volumétrica da rocha e, o da pedogênese, os mecanismos de dissolução, hidrólise e lixiviação, muito ativos próximos à superfície, promovendo a transformação dos produtos da alteração, com a separação entre o plasma e o esqueleto no interior da cobertura pedológica, preparando os horizontes superficiais para a ação da denudação.

Ao versar sobre micromorfologia de solos Castro (1999), define que os determinantes da erosão linear estudada no Brasil são o como e o porquê os fluxos hídricos condicionam o processo erosivo ao assumirem direções descendentes laterais externas e internas, principalmente subsuperficiais, na forma de lençóis

suspensos acima dos horizontes B de Argissolos promovendo subsidência dos terrenos e a retirada de materiais.

Nesse contexto, do ponto de vista pedológico, conforme Dokuchaev, os solos não ficam usualmente inseridos nos modelos de evolução do relevo senão apenas como mantos de alteração da crosta em evolução, afirma Espindola (2010), acreditando que esteja aí envolvida uma questão de escala de observação. Para ele, a geração de novas formas de modelado conduzidas pela pedogênese encontra suporte no conceito de solos como sistemas em transformação analisados em escalas detalhadas.

2.2 A ESCALA E SUA IMPORTÂNCIA NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

A geomorfologia tem como objeto o estudo das formas do relevo e traz em sua definição um conteúdo bem mais complexo, uma vez que a geomorfologia, segundo Tricart (1965), está no âmago de sistemas de interferências, ações e reações entre fenômenos produzidos na litosfera, atmosfera e hidrosfera (ROSS, 2002).

Inspirando-se em outros ramos das ciências da natureza, como a biologia, que classifica as plantas e animais em classes, ordens, famílias, gêneros e espécies em uma hierarquização em níveis de agrupamento, apareceram algumas propostas taxonômicas geomorfológicas na década de 1950 e 1960. Dentre elas a de Cailleux; Tricart (1956, 1965).

Com a publicação do livro de Tricart, “Princípios e métodos da Geomorfologia”, se toma conhecimento no Brasil das escalas elaboradas por Cailleux; Tricart em 1956, sendo amplamente divulgada no Departamento de Geografia da USP na década de 1960 e representando um marco inicial da utilização de uma escala espaço-temporal para fundamentar as pesquisas geomorfológicas (KÖHLER, 2002).

Sobrepondo critérios espaço-temporais, Cailleux; Tricart, (op. cit.) obtiveram uma classificação taxonômica das formas do relevo baseada num princípio dinâmico e outro dimensional. Fundamentaram assim os princípios que ajudam a sistematizar os conhecimentos geomorfológicos baseando-se na oposição de natureza dialética entre forças internas e externas, no princípio da zonalidade (voltando-se à dinâmica externa), na noção de evolução e também na ação do homem.

Esta escala trata de oito ordens de grandeza abrangendo unidades quilométricas de superfície, unidades climáticas correspondentes, mecanismos genéticos comandando o relevo e ordem de grandeza de permanência como referência temporal. Conforme Tricart (1965), as ordens de grandeza de I, II e III compreendem formas de relevo que abrangem áreas de milhões a milhares de km^2 e uma cronologia de bilhões a milhões de anos. O mapeamento dessas superfícies é feito em pequena escala e representa os tipos de relevo inseridos nos conjuntos estruturais de âmbito regional.

Nas ordens de grandeza média (IV e V), estão as formas de relevo que se estendem por superfícies de 100 km^2 a 10 km^2 , mapeadas em escalas médias. São unidades geomorfológicas regionais, que evoluíram nos últimos 10.000.000 de anos.

As ordens inferiores (grandezas VI, VII e VIII) comportam áreas entre 100.000 m^2 , 1 m^2 e 1 cm^2 , correspondentes às formas locais, microformas e microestruturas. O relevo local é mapeado em escalas grandes e mostram as formas derivadas de processos quaternários, isto é, desde 1.000.000 de anos atrás até o presente.

Portanto, a representação das formas do relevo apresenta, do mesmo modo que os demais componentes da natureza, diferentes tamanhos e formas. Suas dimensões e formatos são elementos importantes para o entendimento de sua gênese e dinâmica atual.

Assim, segundo Ross (2002), diferente de outros ramos das ciências da natureza, para um adequado entendimento da geomorfologia em todos seus aspectos, é preciso ter conhecimento desde micro dimensões, como por exemplo, das argilas, até macro dimensões como a de uma cadeia de montanhas em uma análise multiescalar.

2.3 OS NÍVEIS DA ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA DE AB'SABER

Segundo Cassetti (2007), quando Ab'Saber estabeleceu as bases geomorfológicas e diretrizes para o estudo do quaternário intertropical brasileiro, a partir de 1969, ele buscou difundir um conceito de geomorfologia tripartite ordenando-a em diferentes níveis de tratamento e salientando o que considerou essencial às pesquisas geomorfológicas, que na época encontravam-se sujeitas a postulações pessoais e controvérsias escolásticas.

Em seu primeiro nível de considerações trata do estudo da compartimentação da topografia regional e a caracterização das formas de relevo pertencentes a cada compartimento através de uma descrição tão exata quanto possível.

Em seu segundo nível de tratamento, o estudo da geomorfologia ocupa-se da estrutura superficial dos compartimentos do relevo (estrutura da paisagem), onde se incluem os processos pretéritos geológicos, climáticos e morfoclimáticos que geraram a paisagem, conduzindo à visualização de uma dinâmica recente da paisagem.

Em seu terceiro nível, Ab'Saber propõe entender os processos morfoclimáticos, hidrodinâmicos, biogênicos e pedogênicos atuais em sua plena atuação, ou seja, seu funcionamento e dinâmica atual para compreender a fisiologia da paisagem, pretendendo observar a funcionalidade atual e global desta mesma paisagem.

Para Casseti (2007), os níveis de abordagem sistematizados por Ab'Saber em 1969 se caracterizam como estratégia auxiliar para o desenvolvimento da pesquisa geomorfológica, portanto, referem-se propriamente ao método, ao passo que as formas e instrumentais utilizados para o estudo de cada um dos referidos níveis correspondem à metodologia.

Fundamentando-se na concepção desenvolvida pela escola germânica, os níveis metodológicos da abordagem geomorfológica sistematizados por Ab'Saber em seu artigo "Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário", formaliza suas ideias sobre o relevo enquadrando no âmbito de interesse da geografia.

Ab'Saber apresenta então uma proposta que visa abordar o relevo em três instantes interpenetráveis, apresentados anteriormente e agora vistos detalhadamente: a compartimentação topográfica, que adota passos que, envolvendo indicadores espaciais e temporais, se constituirá em referência para a análise dos níveis subsequentes. Algumas metodologias adotadas pelo nível de abordagem em questão remontam a Birot (1955), Cailleux; Tricart (1956), anteriormente citado, Tricart (1965), Gerasimov; Mescherikov (1968) e Mescerjakov (1968).

De acordo com Casseti (2007), para Ab'Saber, a metodologia em estrutura superficial busca oferecer subsídios ao estudo da paisagem e "depósitos superficiais". Recupera assim a importância da base quantitativa para todas as

observações e medidas, tanto na visão horizontal (na superfície), como na vertical (em perfil ou corte do terreno), também chamada de seção transversal, sugerindo perfurações para retirada de amostras (como sondagens e tradagens) do depósito de cobertura e apresentando diferentes formas operacionais.

Em seguida, para tratar da análise da estrutura superficial, fundamentada em medidas e descrições responsáveis pela definição da seção vertical em um dado ponto, inclui os aspectos cor, textura, estrutura, consistência e observações específicas verificadas.

A cor deve ser descrita de acordo com o padrão de referência (Tabela de Cores de Munsell). A textura, que corresponde à dimensão das partículas de uma determinada amostra, tem por objetivo definir a classe textural (areia, silte, argila).

A estrutura do material compreende o conjunto de partículas de minerais dentro dos agregados (laminar, prismática, blocular e esferoidal), enquanto sua consistência corresponde ao grau e o tipo de coesão ou resistência do material ao corte, podendo ser plástico, friável ou firme, maciço ou duro.

Ab'Saber recomenda o tratamento gráfico-estatístico no processo de sistematização das informações, culminando com a caracterização cronológica dos depósitos (perspectiva histórica). A importância dessas informações transcende a interpretação cronológica, podendo assumir destaque como componente da vulnerabilidade do relevo, considerando o grau de friabilidade do material submetido aos processos morfogenéticos ou morfodinâmicos.

A fisiologia da paisagem, que corresponde ao terceiro nível de abordagem do relevo na sistematização da pesquisa geomorfológica adotado por Ab'Sáber (1969), tem por objetivo “entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais”. Refere-se, portanto, ao estudo da situação do relevo atual, fruto das relações morfodinâmicas resultantes da consonância entre os fatores intrínsecos, ou seja, inerentes ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, dando ênfase ao uso e ocupação do modelado enquanto interface das forças antagônicas.

Partindo do princípio de que praticamente toda superfície tenha sido apropriada de alguma forma pelo homem, o referido nível necessariamente incorpora as transformações produzidas e consequentes intervenções nos mecanismos morfodinâmicos, como a alteração na intensidade do fluxo por terra, refletindo diretamente no comportamento do relevo.

2.4 A VERTENTE COMO CATEGORIA DE ESTUDO DO RELEVO

Em 1968, Dylík consagrou o conceito de vertente como sendo genericamente entendida como toda a superfície terrestre inclinada, muito extensa ou distintamente limitada, subordinada às leis gerais da gravidade. Dessa forma, a vertente se caracteriza como a mais básica forma do relevo (CASSETI, 2007).

A vertente então assume importância fundamental para os estudos do relevo já que essa importância pode ser justificada sob duas perspectivas: por permitir o processo evolutivo do relevo em diferentes circunstâncias levando a possibilidade de reconstrução do modelado como um todo; e também por sintetizar as diferentes formas do relevo consideradas pela geomorfologia estando diretamente sujeita à ação antrópica.

Dessa forma, a vertente também apresenta subsídios fundamentais à compreensão dos mecanismos morfogenéticos envolvidos na elaboração do relevo na escala de tempo geológico, possibilitando o entendimento das mudanças processuais recentes (processos morfodinâmicos).

Uma vez que permite delimitar um espaço de relações processuais de natureza geomorfológica, o conceito de vertente é essencialmente dinâmico visto que incorpora as mais distintas variáveis. Cruz (1982, p. 8) observa que:

O estudo geomorfológico da evolução atual das vertentes é extremamente importante quanto ao entendimento espaço-temporal dos mecanismos morfodinâmicos atuais e passados. Os estudos morfodinâmicos mais atuais levam ao cerne do estudo geomorfológico por excelência, ajudando o entendimento das paisagens geográficas. São eles que mostram os mecanismos dessa evolução e levam ao melhor entendimento dos estudos morfogenéticos de épocas passadas.

O estudo da vertente enquanto categoria do relevo assume importância a partir da década de 1950, com o trabalho de Tricart (1957), quando afirma que a vertente é o elemento dominante do relevo na maior parte das regiões apresentando-se, portanto, como forma de relevo mais importante para o homem. Tanto a agricultura quanto os demais trabalhos de construções estão interessados na evolução das vertentes que acabam comandando a perenidade, como por exemplo, dos cursos d'água pela ação geomorfológica.

Para Dylík (1968), as vertentes ocupam um dos mais importantes lugares da geomorfologia atual. Para ele a vertente é um dos problemas-chaves da moderna

geomorfologia, compreendendo todos os aspectos da geografia física e incluindo uma certa inserção em questões relativas à geografia humana.

Nas ideias de Gilbert (1880) a vertente, no sentido geral (*lato sensu*), seria um todo dinâmico englobando até os processos fluviais e, num sentido restrito (*stricto sensu*), caracteriza os processos intrínsecos à própria vertente.

A vertente *lato sensu* incorpora o curso d'água, nível base, da participação da vertente analisada. Já a vertente analisada em um *stricto sensu* encontra-se limitada pelas relações morfogênicas definidas pela extensão onde as atividades processuais têm início até onde as atividades processuais denudacionais são substituídas pelas fluviais (DYLIK, 1968).

Como exemplo, nas regiões intertropicais, os processos morfogenéticos evidenciados em uma vertente *stricto sensu* encontram-se caracterizados principalmente pelas diferentes formas de fluxo, de superfície e subsuperfície, bem como pelos movimentos de massa, diferindo, portanto, dos processos fluviais que integram o conceito de vertente analisadas no *lato sensu*.

Dessa maneira, o limite superior e inferior de uma vertente não corresponde necessariamente a abranger da linha de divisão de águas ao talvegue, havendo então possibilidade de fundamentar-se em critérios dinâmicos correspondendo à faixa onde os processos se iniciam e se extinguem, dando lugar a outros agentes e formas de transporte onde a definição de sua extensão fica a cargo do processo em questão.

2.5 PRINCIPAIS CONCEITOS EM PEDOLOGIA

Conforme Santos (2005), o solo é representado por um corpo tridimensional chamado *pedon*. A face do *pedon* que vai da superfície ao material de origem usada para fins de exame, descrição e coleta de amostras é tratada como perfil. Sua unidade básica de estudo do solo se constitui de seções mais ou menos paralelas à superfície, denominadas horizontes ou camadas, em função de sua diferenciação do material de origem.

Resultantes da ação de processos de formação, os horizontes são representados por convenção mundial pelas letras H, O, A, E, B e C dispondo-se nesta ordem, quando presentes, da superfície em direção ao material de origem. Já

as camadas, pouco ou nada afetadas pelos processos pedogenéticos, preservam em sua constituição muito das características do próprio material de origem.

Esta breve referência aos horizontes e camadas constituintes de um perfil em uma unidade representativa de solo hoje é um conceito básico na ciência do solo que se desenvolve extensamente nas aplicações das investigações pedológicas. Estas diferenciações elementares foram primeiramente identificadas a partir das constatações de cientistas russos ao final do século XIX.

Conforme Zapparoli (2009), as bases da pedologia tiveram início a partir da iniciativa da Sociedade Econômica Livre e Imperial de São Petersburgo para reverter os sérios prejuízos à produção agrícola no período entre 1873 e 1875, no sul da Rússia, durante uma grande seca. Para entender o que provocou esta situação, foi definida uma comissão de especialistas de diversas áreas, dentre eles, Dokuchaev.

Ainda segundo Zapparoli (op. cit.), após quatro anos de investigação, a equipe percorreu cerca de 10,000 quilômetros através da Criméia, Cáucaso do Norte, bordas do mar Negro, Ucrânia e Bessarábia. Diante disso, constataram que os solos mostravam uma evolução dependente das zonas de suas ocorrências, ficando compreendido dessa forma a relação do clima e organismos sobre as rochas e relevo e a distribuição dos solos. A partir desta constatação surgiu o paradigma conhecido como “lei da zonalidade”.

Segundo Queiroz Neto (2003), Dokuchaev fez suas constatações analisando perfis de solo ao longo de cortes de estradas. Esses trabalhos mostraram, pela primeira vez, a identificação e a sucessão de horizontes A, B e C dos solos, suas características físico-químicas relacionadas com a origem e evolução dos mesmos.

Dokuchaev elaborou assim a primeira classificação de solos baseada nas propriedades e fatores de formação. Mais tarde, Sibirtsev (1846-1927) modificou as classes introduzindo os conceitos de solos zonais, intrazonais e azonais (MONIZ, 1972). Em 1892, Dokuchaev tornou-se diretor do Instituto Agrônomo e Florestal da Nova Alexandria, na Polônia, e criou a 1ª Cadeira de Pedologia do mundo. A partir de Dokuchaev, estudos pedológicos se difundiram pelo mundo.

Segundo Zapparoli (2009), o conceito de solos como corpo natural e a sua classificação com base nas características do solo no meio ambiente se tornaram bem desenvolvidas na ciência de solo da Rússia. Tais conceitos foram publicados por Glinka na Alemanha, e posteriormente compilados por C. F. Marbut, no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Marbut e seus associados

desenvolveram um sistema de classificação de solos (Soil Taxonomy) de âmbito nacional baseado, em grande parte, nos conceitos russos, do qual deriva o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo.

O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo evoluiu do antigo Sistema de Classificação Americano tomando como base em essência os conceitos centrais do sistema americano adaptando critérios e conceitos. Além da criação de novas classes, devido às carências que iam se revelando com a realização de levantamentos em que ocorriam classes de categorias mais elevadas, modificações e acréscimos foram adotadas envolvendo reajustes e inovações em critérios distintos do sistema anteriormente tomado como base.

Dessa maneira, a pedologia, partindo de conceitos básicos, desenvolve-se e adapta-se ao entendimento e categorização das mais variadas realidades ao longo do planeta Terra. Seus sistemas taxonômicos permitem aplicação em questões de uso, conservação e manejo das unidades, bem como à própria pesquisa ambiental.

2.6 A ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA

Segundo Zaparoli (2009), a metodologia proposta por Boulet et al., em 1982, conhecida como análise estrutural da cobertura pedológica, dá continuidade aos estudos propostos por Milne, em 1934, quando definiu o conceito de catena. A metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica aborda a conformação da paisagem a partir da perspectiva de uma pedologia integrada em “cadeia”, onde os processos se dão em uma escala mais ampla que a simples descrição isolada do *pedon*.

Isto vem ao encontro de Queiroz Neto (1987), que afirma que a pedologia nos últimos cinquenta anos demonstra evoluir na compreensão dos solos, assegurando que “a concepção do perfil de solo, com horizontes superpostos, representativos de uma área homogênea, foi em parte superada pela catena, de Milne em 1934” (QUEIROZ NETO, 1987). Ainda segundo Queiroz Neto, Milne propôs o conceito de catena representando “uma unidade prática de mapeamento que agrupa solos que, a despeito de estarem colocados em pontos diferentes de um sistema natural de classificação, tendo em vista suas diferenças morfológicas e fundamentais, estão, no entanto relacionadas na sua ocorrência por condições topográficas e se repetem nas

mesmas posições uns em relação aos outros, sempre que aquelas condições estão presentes” (QUEIROZ NETO, 2002).

Neste sentido, Milne, define os principais fatores determinantes pelas sucessões de solos em paisagem como sendo os processos hídricos subordinados a topografia.

Estudando a distribuição dos solos em catena na paisagem e sua relação com a alteração com embasamento litológico, Delvigne (1965) demonstrou, através das transformações mineralógicas, físicas e químicas, a evolução dos solos ao longo das vertentes e os mecanismos de perda, transferência e acumulação ao longo das encostas, que ocorrem lateralmente no sentido topo sopés até suas zonas de acumulação, caracterizando uma transferência de sílica, bases e óxidos de alumínio.

Estudando a gênese e evolução de duas topossequências em solos tropicais na África, Bocquier (1973) analisou as variações verticais e laterais dos solos ao longo das vertentes, constatando que modificações estruturais remontantes ocasionadas pelo acúmulo de materiais pedogenéticos na base das vertentes bloqueavam a saída de elementos orgânicos, percebendo assim a migração de material fino do topo para a base do perfil e atribuindo essas transformações verticais e laterais ao fluxo hídrico subsuperficial.

Ao sistematizar uma metodologia que permite a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo das vertentes Boulet, (1974), apresentou a abordagem da análise estrutural da cobertura pedológica. Esta consiste da reconstituição bidimensional da organização dos solos e seu horizontes estabelecendo topossequências no sentido de maior declive das vertentes em escalas de representação gráfica, variando de 1: 100 a 1: 1000. Sendo a descrição dessas topossequências e seus respectivos perfis e horizontes obtida através da abertura de trincheiras em pontos específicos para verificar as transições laterais e verticais entre seus horizontes constituintes, e em seguida, abrindo outras topossequências, em sentidos transversais ou mesmo paralelos. Assim, Boulet, reconstituía a distribuição espacial tridimensional das organizações pedológicas, sendo os limites dos horizontes representados nos mapas sob a forma de curvas de isodiferenciação.

Uma vez analisando a paisagem de forma sistêmica, a análise estrutural da cobertura pedológica engloba desde a megoscopia, que seria a compartimentação da paisagem, por exemplo, até a ultramicroscopia analisando argilominerais

individuais. Ruellan (1970) estabeleceu níveis de escala relacionados a objetos de estudo do solo, entre elas as organizações elementares que tratam sobre os constituintes do solo como a fração argila (plasma), a fração silte, a fração areia (esqueleto) e os poros que juntos constituem a matriz. Essa matriz pode ser agrupada em assembleias, sendo estes conjuntos de organizações elementares que constituem os horizontes. Já os sistemas pedológicos, que atrelados à unidade do relevo, são constituídos a partir dos horizontes e suas sucessões, lateral e verticalmente, da cota mais alta a cota mais baixa da vertente, formando uma paisagem em cadeia.

A cobertura pedológica expressa pelos níveis entrepostos uns nos outros, encontra-se permeada por soluções circulantes entre e sobre o solo, redistribuindo internamente o material de forma vertical e lateral, transformando-se em uma dinâmica em função de aspectos morfoclimáticos pertinentes. Dessa maneira a cobertura pedológica está permanentemente evoluindo e a transformação dos constituintes, organizações e propriedades físico-químicas, bem como mecânicas, deixam suas marcas no tempo transformando a paisagem de forma permanente em uma escala de tempo geológica ininterrupta. A metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica é, portanto um importante instrumento para se entender a dinâmica da cobertura pedológica, já que analisa de forma detalhada sua organização vertical e lateral no tempo e no espaço, permitindo avaliar as frequentes redistribuições de materiais internos ao longo da vertente, cruciais para a evolução do relevo.

2.7 RELAÇÕES ENTRE RELEVO E FLUXOS HÍDRICOS

Segundo Vidal-Torrado et al. (2005), a compreensão da dinâmica interna pedológica requer a integração dos estudos pedológicos com outros ramos do conhecimento considerando as varias escalas de abordagem da paisagem. Neste sentido, destacam-se a geologia, em particular o estudo dos depósitos superficiais, a geomorfologia quanto à morfogênese e à compartimentação, e a hidrologia que se refere aos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais.

Para tanto é crescente entre os estudos pedológicos as observações multiescalares abrangendo desde as macroestruturas componentes da paisagem até as microestruturas de âmbito microscópico, favorecidas pela sistematização das

observações na escala da micromorfologia, onde a geomorfologia se afirma mais e mais aos processos dinâmicos da formação e evolução das vertentes. O autor ainda ressalta que esses estudos são enriquecidos quando o reconhecimento em campo e a interpretação de seus dados quantitativos levam em conta o local, as superfícies geomórficas e a posição do solo em relação a estas e ao perfil geológico, acompanhados de deduções sobre a hidrologia de superfície e subsuperfície.

Além disso, diferentes inclinações, formas e comprimentos de vertentes, bem como a extensão dessas superfícies aliadas à natureza e à estrutura dos seus constituintes sólidos condicionam fluxos hídricos e processos pedogenéticos. Tais abordagens, mesmo considerando apenas uma classe de solo em si, além de facilitarem o seu entendimento, podem melhorar a compreensão de suas relações com os seus componentes adjacentes, em uma mesma paisagem ou extrapolados para situações similares.

Segundo o autor, a evolução do próprio relevo a partir da transformação, autodesenvolvimento dos solos, é regida pelos fluxos hídricos que desempenham um papel fundamental. Assim, a hidrologia é compreendida como uma das mais importantes forças ativas da pedogênese, onde se torna muito importante o conhecimento de aspectos da posição e características dos diferentes extratos (horizontes pedológicos) que compõem o regolito, possibilitando estimar as direções e vazões dos seus fluxos hídricos. Nesse sentido, ressalta-se a importância do reconhecimento detalhado das superfícies geomórficas e seus segmentos, assim como suas relações com fluxos internos e externos para o entendimento da evolução de vertentes.

Dessa forma, o autor considera como sendo um ponto de vista relativamente novo para os estudiosos de geomorfologia ponderar em que condições seria mais significativo nas remoções que esculpem o relevo essencialmente regidas pela água: a erosão química ou a erosão física.

Tais ideias e propostas podem confundir e provocar reações céticas dos pedólogos e geomorfólogos, em particular daqueles que costumam raciocinar com padrões únicos e predeterminados de evolução da paisagem.

Darlymple et al. (1968), apresentaram um modelo de vertente hipotético com nove unidades ou segmentos, com base na intensidade dos processos pedogenéticos e de erosão que possam ocorrer em cada um deles. Mesmo sendo desenvolvido mais para compreender paisagens de clima temperado e úmido, ele

tem sido muito aceito e aplicado em outros ambientes, inclusive tropicais (CHRISTOFOLETTI, 1982; GERRARD, 1981). Neste modelo, uma vertente poderá conter todos os nove elementos hipotetizados, ou alguns poderão estar ausentes ou mesmo repetidos. Entretanto, por considerar não somente a forma, mas também os processos intrínsecos a cada segmento, ele é muito útil para auxiliar na compreensão da dinâmica da vertente e da respectiva pedogênese.

Esse método de compartimentação de vertentes, que não é propriamente um modelo evolutivo, mas sim uma subdivisão da vertente com ênfase nos processos atuantes em cada segmento, foi considerado por Daniels, Hammer (1992) como útil quando usado como complemento ao estudo das superfícies geomórficas. Um exemplo de aplicação do modelo das nove unidades hipotéticas de Darlymple et al. (1968). Em um primeiro segmento, o solo é profundo e com taxas de erosão mínimas, predominando a pedogênese. O segmento subsequente caracteriza-se por sofrer mais erosão do que os demais, exceto quando se comparar com a escarpa, e também por não permitir acúmulo de materiais na superfície. A rocha consolidada favorece o surgimento de rupturas bruscas de declividade nas encostas, surgindo assim a escarpa a qual representa solos rasos, e, ou, afloramentos rochosos. Esse processo, quando menos intenso e quando não forma uma escarpa, contribui para a formação de áreas côncavas, as quais fazem reincidir o segundo segmento, dividindo o sopé de transporte e provocando o surgimento de uma zona de acumulação (sopé de deposição) e uma faixa de transição. Novas zonas de acumulação podem ocorrer na parte basal da vertente, com conseqüente espessamento do solum e retomada de fluxos verticais de água, favorecendo os processos de eluviação e lixiviação.

Para estudos detalhados da influência do relevo na hidrologia de uma vertente, torna-se necessária a caracterização detalhada das formas dos segmentos da encosta como um todo e de como os solos nela se posicionam. Como visto até aqui, existem muitas maneiras de escrever a forma da vertente ou os segmentos desta e também de quantificar os seus atributos e dos solos a ela relacionados. Os métodos variam desde a identificação e descrição das superfícies geomórficas, propostas por Ruhe (1975), até as compartimentações dessas superfícies em segmentos de vertentes (DARLYMPLE et al., 1968) ou equações adaptadas a mapas planialtimétricos detalhados (TROEH, 1965). A escolha dependerá dos objetivos do trabalho e dos meios e conhecimentos disponíveis. Trabalhar com

formas de vertentes de maneira detalhada ajudará o entendimento dos tipos e intensidades dos fluxos de água superficiais e subsuperficiais que ocorrem nos solos.

Hudget (1975) considerou ser de grande importância o estabelecimento de modelos ideais de fluxos de água em conformidade com as feições das encostas e das bacias de drenagem de primeira ordem. Com base na convergência e divergência das linhas de fluxos d'água, em conformidade, respectivamente, com a concavidade e convexidade da superfície, esse autor propôs padrões ideais para indicação das direções dos fluxos, de acordo com a forma dos diferentes tipos de segmentos de vertentes. O conhecimento do sistema de fluxos de água de uma determinada área, derivado do entendimento das relações geomorfologia-estratigrafia-pedologia, é muito útil para a compreensão dos processos genéticos e do comportamento dos solos.

Salomão (1999), por exemplo, demonstrou que no topo de colinas amplas (platô de Bauru-SP), cobertas de Latossolos Vermelhos, os fluxos hídricos predominam nos padrões verticais. Ao contrário, nas chamadas colinas médias, convexas, mais curtas e inclinadas, com Latossolos no topo e Argissolos nos terços superiores e médio, os fluxos hídricos situam-se em padrões verticais no Latossolo e mais laterais no Argissolo, no qual se forma um lençol suspenso logo acima do horizonte Bt, havendo favorecimento à formação de piping (circulação de águas por tubos naturais internos), o que induz à erosão de voçorocas. Salomão (1999) interpretou ainda os solos dessas colinas médias como um sistema de transformação lateral do tipo eluvial-iluvial. Situação similar foi identificada por Castro (1989) em Marília-SP.

Esses casos revelam que, independentemente dos tipos de solos, a topografia condiciona a direção e a intensidade dos fluxos hídricos, sendo motor tanto da pedogênese como da morfogênese. Trabalhos sobre pedogênese e os diversos tipos de levantamento de solos (na maioria das vezes os mais detalhados) produzem resultados melhores e mais aplicáveis quando se faz o melhor uso possível de trabalho de campo, incluindo métodos geomorfológicos em adição à descrição dos perfis dos solos e à caracterização de amostras de seus horizontes em laboratório.

3 METODOLOGIA

O estudo aqui apresentado teve sua origem a partir de um artigo que analisou uma topossequência na qual, Werlang et al. (2014), identifica a baixa permeabilidade do horizonte subsuperficial em um Argissolo Vermelho Distrófico, dadas suas características constatadas em ensaios de condutividade hidráulica, granulometria e parâmetros geotécnicos, demonstrando condições favoráveis a um fluxo hídrico lateral.

Uma vez reconhecida a impermeabilidade dos horizontes subsuperficiais, não houve intensão de aprofundar as sondagens além do topo do horizonte B, uma vez que a partir deste, os fluxos hídricos não tomam vulto dadas suas características físico hídricas, anteriormente definidas em ensaios laboratoriais.

Em uma área adjacente ao estudo citado anteriormente desenvolveu-se medições, sondagens coleta de amostras e caracterizações morfológicas dos horizontes a fim de analisar a possibilidade de transporte de partículas sólidas ao longo de um segmento de vertente em um mecanismo de rebaixamento paulatino e denudação subsuperficial capaz de contribuir à redução de volume neste compartimento do relevo.

Os dados provenientes dos levantamentos de campo não só possibilitaram espacializar os resultados das análises laboratoriais bem como possibilitaram, através do relevo, caracterizar os fluxos hídricos superficiais indicando maior ou menor intensidade, bem como, maior ou menor infiltração, conforme Vidal-Torrado et al. (2005), quando afirma que nos estudos detalhados da influência do relevo na hidrologia de uma vertente é imprescindível a caracterização detalhada das formas dos segmentos da encosta como um todo e de como os solos nela se posicionam.

Assim, aplicando a metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica como estratégia norteadora da análise dos dados obtidos nos trabalhos de campo e laboratório, foi possível buscar a compreensão dos eventos que se dão ao longo da topossequência do segmento de vertente em estudo a partir da organização de desenhos esquemáticos em escala onde se pode visualizar, de forma representativa, parte dos dados provenientes do campo e sua espacialização.

Com a descrição morfológica dos perfis sondados foi possível definir a profundidade e espessuras dos horizontes constituintes dos perfis mediante o uso de trena para determinar a profundidade durante as sondagens efetuadas com trado

de caneco. Uma vez que cada uma das amostras correspondia a um respectivo horizonte, a representação gráfica da distribuição dos horizontes corresponde à representação das características granulométricas e morfológicas da faixa correspondente a espessura de cada horizonte, ou seja, as propriedades dos horizontes são representadas conforme a espessura destes horizontes em questão de forma esquemática na representação gráfica, tornando possível visualizar e constatar sua posição no relevo e frente aos fluxos hídricos no perfil, que subsidiaram discussões posteriormente.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1.1 A litologia formação Santa Maria

Bortoluzzi (1974) descreveu a Formação Santa Maria como sendo subdividida em dois membros: o inferior, denominado Passo das Tropas, e o superior, denominado Alemoa, sendo presente na vertente estudada a expressão de seus dois Membros (Figura 3).

Segundo Maciel Filho (2013), o Membro Passo das Tropas aflora na extremidade sul da folha de Camobi, com a área de sua ocorrência estendendo-se desde o campus da Universidade Federal de Santa Maria, passando pela localidade de Pains até Arroio do Só. O topo dessa área se situa segundo o autor, a aproximadamente 105 metros do nível do mar, sendo que no flanco sudoeste atinge altitudes inferiores a 70 metros.

O Membro Passo das Tropas é constituído predominantemente por arenitos de grosseiros a médios, de cor amarela e rosa avermelhado sendo às vezes com tonalidade púrpura, feldspáticos, por vezes conglomeráticos com seixos e grânulos de quartzo e bolas de argila. Na parte superior desta unidade, predominam arenitos finos e siltitos, de cores rosa ou púrpura, finamente laminados e às vezes com estratificação cruzada de pequeno porte, relativamente espessas com características de depósito fluviolacustre.

Ainda segundo Maciel Filho (op. cit.), o membro superior da Formação Santa Maria, Membro Alemoa, ocupa a parte sul da folha de Camobi, na qual podem ser vistas boas exposições ao longo do trecho da rodovia RSC-287.

A litologia típica do Membro Alemoa está representada por um lamito (siltito argiloso) de cor vermelha, compacto e maciço, possuindo em alguns locais níveis sub-horizontais de cor cinza claro, mais duro com espessura de até 20 cm. Segundo o autor, a origem destes sedimentos corresponde a antigos depósitos eólicos. Também é rica em fósseis de répteis dos grupos dicinodontes.

Esse siltito argiloso impermeável constitui um importante aquíclodo, não armazenando nem transmitindo água, e tornando confinado o aquífero subjacente Passo das Tropas, referido anteriormente.

Figura 3 – Detalhe de contato entre camadas estratigráficas, inferior e superior, da Formação Santa Maria, encontrado no terço médio inferior do segmento de vertente em estudo



3.1.2 Compartimentação do relevo

A área estudada se encontra na da Bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim dentro do compartimento geomorfológico Depressão Central do Rio Jacuí. Na Depressão do Rio Jacuí, segundo Sartori (2009), as formas dominantes são do tipo coxilhas e planícies aluviais, caracterizando coxilhas suaves e contínuas que se constituem em divisores de água de pequena amplitude.

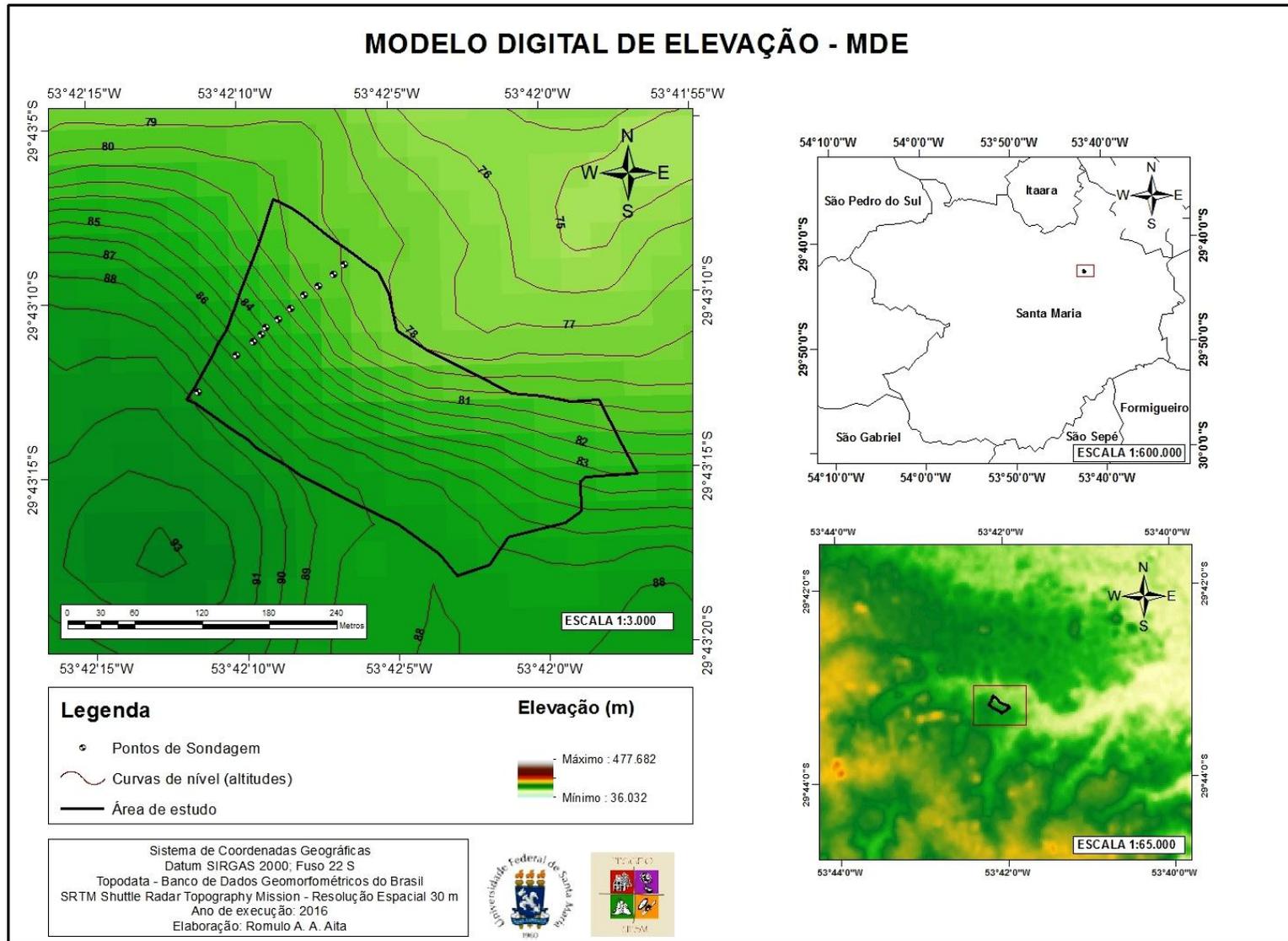
As áreas pediplanadas da Depressão do Jacuí se localizam sobre as formações Caturrita, Santa Maria e Sanga do Cabral e aparecem de fato como coxilhas em níveis mais altos do que os terraços fluviais, (Maciel Filho, 2013). Considerando superfície pediplanada os terrenos mais ou menos planos em que a erosão construiu este aplanamento, o Membro Alemoa forma colinas amplas e suaves que atingem, no seu topo, altitudes em torno de 120 metros.

Assim, a Formação Santa Maria, Cobertura Terciária formada pelos terraços fluviais e sedimentos do Quaternário é a litologia presente na área estudada. Caracteriza-se por apresentar uma topografia suave e com baixas cotas altimétricas, onde ocorre a planície aluvial e os terraços fluviais. A área da planície aluvial está constituída principalmente por sedimentos recentes (Quaternário) que foram removidos de superfícies topograficamente mais elevadas e depositados nas áreas mais planas das margens dos cursos fluviais mais importantes, sob o ponto de vista da atuação dos processos de acumulação.

Modeladas sobre terraços fluviais em porções ao centro e sul ao sul da área, onde atuam processos de dissecação, ocorrem formas topograficamente um pouco mais elevadas constituindo as coxilhas. Em alguns pontos formam-se coxilhas alongadas, apresentando-se na forma de pequenas encostas rampeadas. Nelas ocorrem com facilidade os processos de erosão hídrica a partir da atuação de canais incisivos.

Na Figura 4, apresenta-se um modelo digital de elevação abrangendo a área estuda e suas cercanias em escala mais ampla onde é possível situar a área estudada no contexto geomorfológico da região. Nesta Figura, é possível identificar o modelado suave composto de coxilhas contínuas e planícies aluviais características da Bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim, dentro do compartimento geomorfológico Depressão Central do Rio Jacuí.

Figura 4 – Modelo digital de elevação abrangendo situação da área estudada e cercanias



3.1.3 Clima, vegetação e solos

O clima da região, com base na classificação de Köppen, apud Ayoade, (1986) enquadra-se como sendo mesotérmico brando Cfa, Subtropical, com as precipitações regulares durante todo o ano, não apresentando estação seca, sendo a vegetação natural na Depressão Central caracterizada por campos de pastagem natural. É comum a presença de capões isolados de mata de pequeno e grande porte, onde a vegetação predominante é do tipo campestre, composta em sua grande maioria por gramíneas, além de florestas ciliares.

A área estudada sofreu significativas alterações na cobertura original da vegetação, estando inserida no domínio dos Campos com Capões e Matas Galerias (VIEIRA, 1984) e sendo atualmente utilizada como pastagem de campo nativo.

Nos setores onde os processos erosivos esculpiram colinas alongadas (coxilhas) sobre litologias paleozóicas da Bacia do Paraná, aparecem solos medianamente profundos como os Argissolos. Segundo Dalmolin; Pedron (2009), os tipos de solos que mais se destacam na região são os Argissolos, Planossolos e Gleissolos, sendo que nas áreas da planície e terraços fluviais, onde a flutuação do lençol freático, associado à conformação da topografia imprime maior influência sobre os processos pedogenéticos, ocorrem Gleissolos e Planossolos.

Os Argissolos recobrem mais de 70% da área compreendida pelo município de Santa Maria. Na área da Depressão Central ocorrem Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos no terço superior bem drenado das coxilhas sedimentares. No terço inferior das coxilhas aparecem os Argissolos Amarelos, Argissolos Acinzentados e Argissolos Bruno-Acinzentados, e enfim, nas várzeas surgem os Planossolos, muitas vezes associados a Gleissolos.

Ainda segundo Dalmolin; Pedron (2009), a classe dos Argissolos é caracterizada por possuir elevada variabilidade morfológica, sendo sua principal característica a presença de horizonte superficial de textura média arenosa e horizonte subsuperficial Bt com incremento de argila iluvial, tendo sequencia de horizontes A, Bt e C, podendo em muitos casos haver horizonte E.

Na região de Santa Maria os Argissolos são em geral ácidos, com baixos teores de fertilidade e matéria orgânica e com baixa capacidade de troca de cátions nos horizontes superficiais, aumentando no horizonte subsuperficial. Seus locais de ocorrência são do topo até o sopé das coxilhas sedimentares, sendo o relevo

característico de ocorrência desta classe de solo suave ondulado a ondulado, com declividades de 3 a 20 %, (DALMOLIN; PEDRON, 2009).

3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Pretendendo avaliar a existência de transporte horizontal de partículas sólidas ao longo de uma topossequência de uma vertente em subsuperfície, o presente estudo dividiu-se em duas etapas. Inicialmente procedeu-se um levantamento preliminar da área para certificar-se das distâncias horizontais e alturas das cotas que compõem a área estudada (levantamento planialtimétrico), para poder espacializar os dados de forma correta.

Após a tomada de pontos da confecção do levantamento preliminar, escolheu-se uma linha de escoamento bem definida e representativa para aí estabelecer a sequência de pontos onde, respeitando as rupturas geométricas da topossequência da vertente, pode-se sondar, coletar amostras e proceder-se a descrição morfológica. Uma vez coletadas as amostras e caracterizados os perfis, se efetuou novo levantamento com GPS RTK para situar as sondagens na área e posterior desenho do perfil da topossequência da vertente e suas rupturas geométricas.

Das amostras coletadas se efetuou as análises granulométricas no laboratório de sedimentologia do Departamento de Geociências da UFSM, segundo metodologia descrita em sequência ao levantamento topográfico e descrição morfológica de solos.

3.2.1 Levantamento topográfico

A busca por uma espacialização dos parâmetros analisados levou a confecção de um levantamento topográfico planialtimétrico para possibilitar maior segurança e precisão no tratamento dos dados. Inicialmente, foi efetuado um levantamento preliminar de identificação abrangendo desde a cota mais alta da vertente até o início de sua área de depósitos aluviais das cotas mais altas e mais baixas, caracterizando suas isolinhas predominantes.

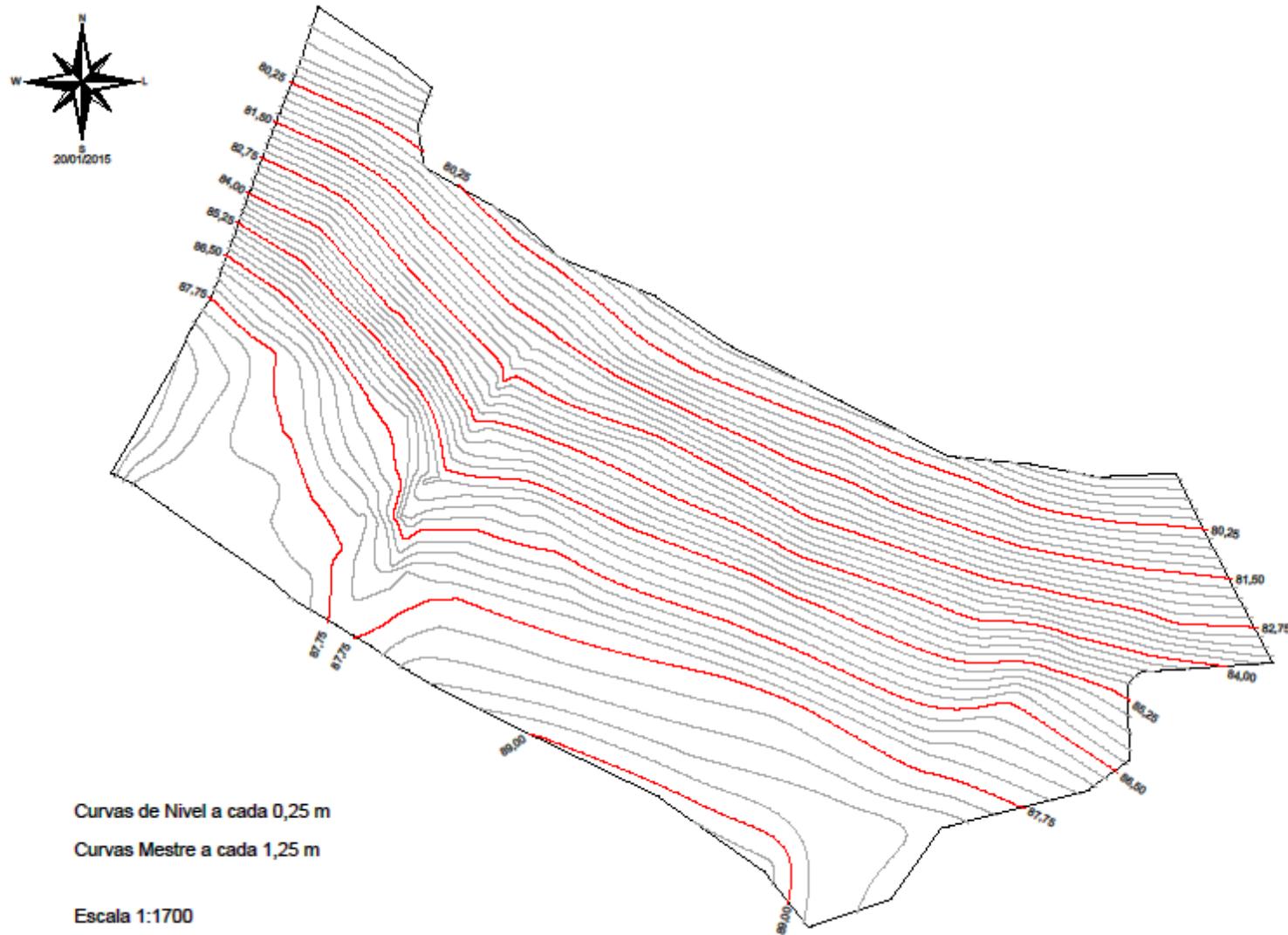
O levantamento planialtimétrico preliminar foi obtido através do uso de GPS RTK, par de Hiper Lite+ (base e rover) e coletora modelo FC 200, todos da marca

Topcom. Isto possibilitou a inclusão de novos pontos ao levantamento, uma vez que cada ponto está georeferenciado. Isto permitiu a posterior plotagem das tradagens na delimitação final da topossequência e, por fim, a obtenção de seu perfil de relevo.

Dessa forma, o levantamento possibilitou identificar uma vertente plano convexa que possui uma diferença entre sua cota mais alta e mais baixa, de aproximadamente 10 m, em uma escala de 1:1700 e, apresentando um declive bastante uniforme e relativamente suave, salientando um perfil de forma convexo-côncava neste segmento da vertente. A topossequência estudada dispõe-se na direção sudoeste e noroeste. Consta-se a presença de um processo erosivo marcante em canal, muito provavelmente devido a práticas inadequadas de uso da área que, porém, não é tratado como objeto desta discussão. A Figura 3 ilustra o levantamento planialtimétrico preliminar da área de estudo.

Posterior ao levantamento preliminar, a definição da topossequência do segmento de vertente, sondagens, caracterização morfológica dos perfis e coleta de amostras, procedeu-se uma nova leitura de pontos com GPS RTK, definindo a posição de cada uma das sondagens dentro do levantamento (Figura 4). Apresentando 11 pontos de sondagem que se distribuem das cotas mais altas passando à área de declive, sendo a última sondagem nas cotas inferiores em uma área plana de acumulação, a Figura 4 mostra o levantamento final da área incluindo localização dos perfis da topossequência do segmento de vertente.

Figura 5 – Isolinhas obtidas em levantamento preliminar da área



3.2.2 Descrição morfológica de solos

Para compreender a variação espacial da argila presente neste segmento de vertente fez-se imprescindível a aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica. Neste sentido, a descrição morfológica da cobertura pedológica precede a caracterização dos parâmetros granulométricos e, enfim, a análise das interações de forma a sintetizar a dinâmica da vertente.

Para tanto, foi caracterizada a topossequência em questão na área em estudo para a espacialização das propriedades dos horizontes. Uma vez que o estudo se deu dentro de uma propriedade particular, foi inviável o procedimento de aberturas de trincheiras, ficando a caracterização dos perfis e obtenção de amostras condicionadas às sondagens efetuadas com trado de caneco.

Para a caracterização da cobertura pedológica como parte da metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica, seguiu-se os procedimentos propostos por Santos (2005), onde é enfatizado que o solo apresenta características externas próprias (morfologia) que precisam ser estudadas e descritas com critério, uma vez que a partir delas se tem uma visão integrada do solo na paisagem, sendo que algumas dessas características permitem inferências importantes sobre sua formação e seu comportamento. O exame de campo, segundo ele, revela muitas feições que permitem observações que às vezes não podem ser obtidas em laboratório, uma vez que o solo é um corpo dinâmico que possui características que variam em curtos períodos de tempo.

Assim, para possibilitar a análise estrutural da área em estudo foi efetuada a caracterização morfológica observando a espessura e arranjo dos horizontes, medindo-se a profundidade e espessura de cada horizonte mediante o uso de trena a cada operação com o trado, procurando fazer coincidir o zero da escala métrica ou trena com o topo do horizonte e seu subsequente. Dessa forma, foi possível identificar o tipo de transição, tamanho da faixa de transição entre os horizontes em cm, evidenciando o predomínio de transições difusas e graduais entre os horizontes.

Para fundamentar a caracterização das características morfológicas dos horizontes, se avaliou nos perfis dos horizontes da área de estudo as características de cor, textura, estrutura, porosidade e consistência. A cor, segundo Santos (2005), é geralmente função do teor de matéria orgânica, tipos de óxidos presentes, características de drenagem entre outros fatores e tem sua determinação

padronizada de acordo com o uso do Sistema Munsell de Cores, ponderando parâmetros como matriz, valor e croma para enquadrar a amostra dentro dos padrões do sistema. Sendo assim, a avaliação da cor embasada no Sistema de Munsell de Cores é uma boa ferramenta para discussões sobre fluxos ao longo dos perfis e no segmento de vertente.

A textura refere-se à proporção relativa das frações granulométricas areia, silte e argila que compõem a massa do solo. No campo, a proporção dessas frações é estimada pelas sensações táteis de uma amostra de terra umedecida e trabalhada na mão até formar uma massa sem excesso de água.

Embora seja difícil avaliar a campo a proporção dessas frações em sua forma subdividida, pode-se dizer como auxílio à caracterização que, a fração areia expressará uma sensação áspera e que seus grãos serão facilmente observados a olho nu, também podendo perceber pelo som quando esfregado entre os dedos. Os teores de silte só são percebidos quando muito elevados, conferindo ao material uma sensação de sedosidade semelhante ao talco, não sendo possível visualizar as partículas a olho nu. Já a fração argila confere ao material plasticidade e pegajozidade.

Ao padrão de arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) em unidades estruturais compostas chamadas de agregados denomina-se estrutura. Portanto, os agregados, unidades naturais secundárias compostas das partículas das frações granulométricas ligadas entre si por cimentantes, apresentam características particulares definidas pelos seus planos de fraquezas que os individualizam em pedis. Para perceber a estrutura de um horizonte toma-se a mão um torrão de tamanho adequado para a manipulação, separando as unidades estruturais com os dedos, aplicando pressão suficiente para a individualização sem fragmentação ou esfarelamento excessivo. Durante a descrição morfológica foi constatado o predomínio de estrutura em blocos subangulares.

A porosidade refere-se ao volume do solo ocupado por água e pelo ar devendo ser avaliada "in situ" e descrita quanto ao tamanho e a qualidade dos poros. Avalia-se então como sendo sem poros visíveis, muito pequenos, pequenos, médios, grandes, muito grandes. Quanto à quantidade de poros a classificação segue o seguinte critério: poucos poros, poros comuns, muitos poros.

A cerosidade refere-se à deposição de argilas sobre as unidades estruturais, causando um aspecto brilhando e ceroso. A cerosidade é observada na face dos

agregados, ao serem partidas as unidades estruturais e expondo as bordas de fraturas cobertas com as películas de argila perceptíveis com o uso de uma lupa de no mínimo 10 aumentos. Pode ser classificada quanto ao grau de desenvolvimento e a quantidade de ocorrência. Quando ao grau de desenvolvimento, pode ser fraca, moderada e forte; e quanto à quantidade, pode ser ausente, pouca, comum e abundante.

A consistência designa as manifestações de forças físicas de coesão e de partículas do solo e de adesão entre as partículas e outros materiais, conforme variação dos graus de umidade. Quando seca pode ser solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura e extremamente dura. A consistência do solo quando úmido é caracterizado pela friabilidade e determinada num estado de umidade intermediário entre seco ao ar e a capacidade de campo, podendo caracterizar-se solta, muito friável, friável, firme, muito firme e extremamente firme.

Quando molhada é caracterizada pela plasticidade e pela pegajosidade e determinada em amostras pulverizadas e homogeneizadas ligeiramente acima ou na capacidade de campo, podendo ser não plástica, ligeiramente plástica, plástica e muito plástica. Quanto a pegajosidade, ela pode ser não pegajosa, ligeiramente pegajosa, pegajosa e muito pegajosa.

3.2.3 Análise granulométrica dos horizontes

Como parâmetro de avaliação da existência de transporte de partículas sólidas em subsuperfície ao longo da topossequência do segmento de vertente tomou-se a análise granulométrica das partículas como referencia da expectativa de obter-se resultados que caracterizassem tal dinâmica subsidiando este estudo.

Segundo Suguio (1973), ao descrever a metodologia de determinação granulométrica ressalta que a maior parte dos sedimentos é heterogênea em relação à sua constituição granulométrica, existindo frequentemente partículas argilosas até areias grosseiras e muito grosseiras. Assim, é necessário combinar métodos de análises, de maneira que os grosseiros sejam geralmente peneirados e os mais finos separados geralmente pelos diversos processos baseados na lei de Stokes.

Por conveniências práticas usa-se como limite das frações grossa e fina a granulação 1/16 mm (0,062 mm). Esta granulação corresponde ao extremo inferior (areia muito fina) de granulação para as diferentes classes de areias na classificação de Wentworth (Figura 7). Além disso, esta granulação está próxima do limite de aplicabilidade da lei de Stokes.

Figura 7 – Escala granulométrica de Wentworth

	US Standard sieve mesh	Millimeters	Phi (ϕ) units	Wentworth size class	
GRAVEL		4096	-12	Boulder	
		1024	-10		
		256	-8	Cobble	
		64	-6		
		16	-4	Pebble	
	5	4	-2		
	6	3.36	-1.75	Granule	
	7	2.83	-1.5		
	8	2.38	-1.25		
	10	2.00	-1.0		
SAND	12	1.68	-0.75	Very coarse sand	
	14	1.41	-0.5		
	16	1.19	-0.25		
	18	1.00	0.0		
	20	0.84	0.25	Coarse sand	
	25	0.71	0.5		
	30	0.59	0.75		
	35	0.50	1.0		
	40	0.42	1.25	Medium sand	
	45	0.35	1.5		
	50	0.30	1.75		
	60	0.25	2.0		
	70	0.210	2.25	Fine sand	
	80	0.177	2.5		
	100	0.149	2.75		
	120	0.125	3.0		
	140	0.105	3.25	Very fine sand	
	170	0.088	3.5		
	200	0.074	3.75		
	230	0.0625	4.0		
MUD	270	0.053	4.25	Coarse silt	
	325	0.044	4.5		
		0.037	4.75	Medium silt	
		0.031	5.0		
		0.0156	6.0		
		0.0078	7.0		
		0.0039	8.0	Very fine silt	
		0.0020	9.0		
	CLAY		0.00098	10.0	Clay
			0.00049	11.0	
		0.00024	12.0		
		0.00012	13.0		
		0.00006	14.0		

Fonte: http://geology-book.blogspot.com.br/2010_06_01_archive.html.

Em contraste com o método baseado na aplicabilidade da lei de Stokes, o processo de peneiramento permanece até hoje como método praticamente universal e absoluto na análise das frações arenosas. Os grãos passam através da peneira (grãos menores que a malha), chamados “finos” ou “fração que passou”, e aqueles que permanecem (grãos maiores que a malha) são chamados de “fração grosseira” ou “fração residual”.

Os vários métodos que são usados na análise granulométrica dos sedimentos finos, isto é, menores que 1/16 mm (0,062 mm) de diâmetro, dependem basicamente da lei de Stokes (1851). Esta lei permite calcular a resistência friccional

exercida sobre uma partícula esférica em queda em meio fluido (líquido ou gás), calmo de sedimentação.

Dentre os métodos de sedimentação, que são baseados na lei de Stokes, esta metodologia utilizou o método indireto de separação por pipetagem. Este método é baseado nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme, pela tomada de várias amostras com uma pipeta (em intervalos de tempo definidos), em profundidade que corresponde à do material que acabara de sedimentar naquele momento.

As quantidades de materiais em cada uma das classes granulométricas são obtidas a partir das mudanças na concentração de material em suspensão (a determinação é feita pela pesagem do resíduo seco da pipetagem). Entre todos os métodos de análises granulométricas dos sedimentos finos (menor de 1/16 mm), o método da pipeta foi o que recebeu mais ampla aceitação em virtude da simplicidade de operação e do equipamento requerido.

Se uma suspensão for bem agitada, até que as partículas fiquem bem uniformemente distribuídas dentro de uma proveta graduada de 11 de volume e, depois, deixando-a em repouso, todas as partículas que tiverem velocidade de sedimentação maior que h/t terão afundado até abaixo de um plano de profundidade h , no fim de um intervalo de tempo t .

Todas as partículas, tendo uma velocidade de queda menor que h/t , entretanto, permanecerão em sua original concentração até a profundidade h , porque elas terão afundado somente uma fração daquela distância em tempo t . Uma pequena amostra é tomada com pipeta, da profundidade h no tempo t , e evaporada até a secagem total.

O peso do resíduo multiplicado por um fator de proporcionalidade, baseado na razão do volume da pipeta para o volume total da suspensão, representara a quantidade total de matéria que tem velocidade de decantação menor que h/t . Essa velocidade de decantação das partículas é calculada pela lei de Stokes.

Depois que a primeira amostra de pipeta é recolhida, a suspensão é novamente agitada e um período maior de tempo é dado para repouso, de modo que partículas de tamanho menor que intervalo anterior decante até a profundidade definida.

A segunda amostra de pipeta conterá um resíduo mais fino do que a primeira amostra em uma quantidade igual ao peso do material situado entre as duas

medidas escolhidas ou velocidades de decantação. O processo pode ser repetido e, por simples subtração dos pesos dos resíduos sucessivos e cada vez mais finos (cada um multiplicado pelo fator de proporcionalidade), pode-se ter o peso do material em quaisquer intervalos granulométricos.

Se for escolhida a escala de Wentworth, o método da pipeta ficará restrito a um material mais fino que 1/16 mm (0,062 mm), e os mesmos tempos e profundidades especificados no processo de decantação contínua (já descrito) são usados para se colher amostras de suspensão com volumes de 10 cm³ ou 20 cm³.

Após a homogeneização da suspensão, são colhidas amostras de pipeta nos seguintes intervalos de tempos e profundidades, conforme a granulação do material que se quer amostrar.

Experiências têm mostrado que a profundidade de 10 cm para amostragem é inconveniente para algumas granulações do material. Durante os primeiros momentos após a agitação são observadas correntes irregulares, então parece desejável deixar passar o tempo suficiente para que estas se acalmem, logo o primeiro valor de tempo de amostragem foi computado para 20 cm de profundidade.

Do mesmo modo, os tempos requeridos para as partículas mais finas decantarem são muitos longos, então os instantes de amostragem foram computados para 5 cm de profundidade.

Depois que várias amostras de pipeta foram colhidas, e os béqueres levados à evaporação até se secarem completamente, o peso do resíduo contido em cada bquer é determinado por meio de uma balança analítica até duas a três casas decimais em gramas. Para cada bquer com resíduo a anotação das pesagens pode ser feita descontando o peso seco prévio do copo tendo como resto apenas o valor do resíduo.

O volume da pipeta, sendo de 20 cm³, corresponderá a 1/50 do volume total da suspensão, então cada um dos pesos encontrados deve ser multiplicado por 50 para converter os pesos em termos do volume original.

Esta conversão para o volume total para se encontrar o peso total da fração na suspensão inicial de 1.000 ml, que é feita multiplicando-se os pesos dos resíduos em cada bquer por 50, pode ser feita após encontradas as quantidades (peso) de materiais de cada classe contidas em 20cm³.

Os pesos de cada uma das frações granulométricas, cujos limites dependem da escala escolhida, são convertidos em porcentagens relativas ao peso total da

amostra, para tratamento estatístico dos dados. Se material mais grosseiro que 1/16 mm estiver presente, este será peneirado em classes e o resultado combinado com os dados de pipetagem que, em conjunto, expressam a distribuição granulométrica da amostra.

Uma vez encerradas as amostragens por pipetagem, o material em suspensão é lavado em peneira 0,062 mm, secado e peneirado. Para executar o peneiramento dispomos de peneiras de 8 polegadas de diâmetro de armação com 1 ou 2 polegadas de altura, possuindo telas com malhas padronizadas, que geralmente podem ser combinadas seguindo uma determinada escala granulométrica (por exemplo, escala de Wentworth).

As telas são fabricadas de latão ou bronze fosforoso e as armações de alumínio ou latão. Um conjunto de peneiras pode ser montado colocando-se várias peneiras uma sobre a outra, por meio de encaixes especiais, com a malha aumentando de baixo para cima.

Desta maneira, os grãos que permanecerem em uma determinada peneira, após o peneiramento, são maiores que a abertura da malha daquela peneira, mas menores que da peneira superposta.

Baseada na metodologia descrita acima por Suguio, em publicação de 1973 e adaptada com base na norma ABNT NBR 7181/84, a determinação da análise granulométrica das partículas constituintes para os horizontes diagnósticos dos perfis da topossequência do segmento de vertente estudado foram realizadas e subsidiaram a discussão deste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS DAS DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DOS HORIZONTES

As descrições morfológicas dos horizontes, principalmente no que diz respeito à cor, prestaram-se para diagnosticar os estados de saturação e lixiviação do perfil uma vez que, neste caso, cores mais escuras, variação do croma, significa acúmulo de matéria orgânica, o matiz tipifica a presença de óxidos e a intensidade do valor caracteriza estados de drenagem.

De uma forma geral os perfis sondados apresentaram características morfológicas bastante semelhantes, não diferenciando muito uma vez que se encontram praticamente em uma mesma área de cotas muito próximas (desnível de aproximadamente 10 metros) e caracterizaram solo da classe Argissolos por apresentarem o critério base, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos: horizonte diagnóstico B textural; perceptível mobilização de argilas da parte superficial do solo com concentração ou acumulação em horizonte subsuperficial.

Por horizonte B textural pode-se entender aquele que, entre outras características apresenta textura franco-arenosa (ou mais fina), cerosidade e conteúdo maior de argila do que no horizonte A ou E, sendo eventualmente maior que no horizonte C. Também caracteriza mudança textural abrupta, isto é, grande aumento de argila total do horizonte A para o B.

Assim, a seguir, apresentam-se Quadros das descrições morfológicas dos perfis caracterizados nas respectivas sondagens ao longo da topossequência do segmento de vertente analisado avaliando individualmente cada um dos perfis sondados.

4.1.1 Perfil 1

No Perfil obtido na primeira sondagem, perfil T1 (Quadro 1), tomado na cota mais alta do levantamento, em seus dois primeiros horizontes superficiais, A e AE, assim diagnosticada sua presença devido à variação textural (17,9 % e 20% de argila, respectivamente).

Percebe-se a presença de matéria orgânica abundante em ambos. Esta matéria orgânica, denotada pelo limite inferior do Sistema Munsell de Cores

(que varia de 2 a 8) no componente da cor Valor, tipificando horizonte diagnóstico A, dadas sua natureza de adição e perdas destes materiais, o que também justifica estes baixos valores de argila acima mencionados.

Neste perfil há um acréscimo gradual de argila em função da profundidade em seus horizontes diagnosticados. E e EB apresentam valores muito próximos de argila e cor, sendo muito semelhantes e por isso tornando o segundo como transicional e seus atributos de cor os definem como eluvial, embora seus valores de argila não se apresentem inferiores, quando comparados aos horizontes superficiais.

Quadro 1 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na primeira tradagem (T1)

	Horizonte A 0-48 cm; (7,5 YR 3/2, úmido); argilo arenosa; blocos subangulares médios, moderada, bem desenvolvida; cerosidade ausente; poros médios e abundantes; dura, friável, ligeiramente plástica; transição plana difusa; raízes abundantes.
	Horizonte AE 48-75 cm; (7,5 YR 3/2, úmido); argilo arenosa; blocos subangulares médios, moderada, bem desenvolvida; cerosidade ausente; poros médios e abundantes; dura, friável, plástica; transição plana difusa; raízes comuns.
	Horizonte E 75-100 cm; (7,5 YR 5/3, úmido); franco argilo arenosa; blocos subangulares médios, moderada, bem desenvolvida; cerosidade ausente; poros médios e abundantes; ligeiramente dura, friável, plástica; transição plana difusa; raízes poucas..
	Horizonte EB 100-115 cm; (7,5 YR 5/3, úmido); franco argilo arenosa; blocos subangulares, média, fraca; cerosidade fraca; poros pequenos e comuns; dura, firme e plástica; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 115-135 cm; (7,5 YR 4/6, úmido); franco argilo arenosa; blocos subangulares médios, fraca; cerosidade fraca; poros comuns, pequenos; muito dura, muito firme, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes ausentes.
	Horizonte B2 135+ cm; (7,5 YR 5/6, úmido); franco argilo arenosa; blocos subangulares médios, fraca; cerosidade fraca; poros poucos, pequenos; muito dura, muito firme, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes ausentes.

Os horizontes subsuperficiais B1 e B2 apresentam um incremento nos teores de argila (32,9% e 31,4%, respectivamente) quando comparado aos superficiais. Seus atributos de cor variam sendo o horizonte mais profundo (B2) sujeito a um ambiente de redução constatável em suas cores. Uma vez que este perfil foi sondado na cota mais alta, era de se esperar que ele apresentasse melhores condições de drenagem, mas, dadas sua posição no relevo relativo às demais cotas superiores, não incluídas neste estudo, pode-se dizer que ele se encontra em uma posição onde recebe grande contribuição destas áreas, estando em uma condição de drenagem de acumulação, mesmo que ainda no topo da coxilha.

4.1.2 Perfil 2

Na segunda sondagem efetuada na topossequência, perfil T2 (Quadro 2), sobre a primeira ruptura geométrica do segmento de vertente apresentou horizontes A e AE com atributos de cor que caracterizam presença de matéria orgânica, baixa presença de argilas (16,5% e 18,5%, respectivamente).

Quadro 2 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na segunda sondagem (T2)

	Horizonte A 0-28 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 28-66 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 66-98 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 98-107 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 107-121 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 121-176 cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.
	Horizonte B3 176+ cm; (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte

Também há um horizonte alvíco bem caracterizado com 14,9% de argila (valor inferior aos anteriores) e atributos de cor que enfatizam sua designação eluvial juntamente com um breve horizonte transicional EB com 30,1% de argila em contra partida dos subseqüentes B1, B2 e B3 apresentando 44,8%, 45,6% e 47,1% de argila respectivamente. Os atributos de cor dos horizontes subsuperficiais denotam uma perceptível transferência de matéria orgânica ao horizonte B1 (Valor 2), presença de óxidos e, talvez até, sugerindo boa drenagem dada sua posição no segmento de vertente.

4.1.3 Perfil 3

Quadro 3 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na terceira sondagem (T3)

	Horizonte A 0-43 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 43-59 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 59-83 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 83-108 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 108-125 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 125-140 cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.
	Horizonte B3 140+ cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte

No perfil referente à terceira sondagem, perfil T3 (Quadro 3), como de maneira geral, os horizontes superficiais A e AE apresentaram os mesmos valores de atributo de cor, porém valores de argila marcadamente distintos (15% e 17,7%, respectivamente). Este valor marcadamente menor no horizonte A deve-se muito provavelmente a sua posição na topossequência correspondente ao início acentuado do declive, ocasionando maiores perdas.

Neste perfil também aparece um marcado horizonte eluvial evidenciado em valores de argila (14,8%) inferiores ao horizonte imediatamente superior AE (17,7%) e tributos de cor que caracterizam processo de eluviação. Um EB transicional (argila 21,7%) e horizontes subsuperficiais B1, B2 e B3 com presença de óxidos dados seus atributos de cor. Valores de argila entre 42,6%, 44% e 36,6%, respectivamente, salientando a redução da argila no último horizonte, o que talvez sugira início do BC.

4.1.4 Perfil 4

No perfil obtido na quarta sondagem, perfil T4 (Quadro 4), novamente os horizontes superficiais apresentam um acréscimo nos valores de argila em função da profundidade e são seguidos pela presença de um horizonte eluvial com sinais de perdas de materiais para os horizontes subsuperficiais com decréscimo nos valores de argila de 14,6% e 16,8% nos horizontes superficiais a 13,6% no horizonte E, caracterizando eluviação aos horizontes subjacentes.

Quadro 4 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na quarta sondagem (T4)

	Horizonte A 0-45 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 45-84 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 84-108 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 108-114 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 114-129 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 129+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

Nos horizontes subjacentes EB, B1 e B2 apresentam maiores teores de argilas (30,7%, 44% e 44,3%, respectivamente) caracterizando a variação textural típica dos Argissolos e um leve escurecimento do horizonte EB por eluviação de matéria orgânica.

4.1.5 Perfil 5

Neste horizonte, assim como no seguinte, há uma ocorrência bastante inusitada. No perfil 5 (Quadro 5), os horizontes superficiais e subsuperficiais, bem como a presença do horizonte E, tem um comportamento similar aos demais perfis de uma maneira geral. Mas o que difere é o fato dos horizontes subsuperficiais

estarem bastante próximos da superfície quando comparados aos demais perfis além de uma maior quantidade de matéria orgânica que dá ao horizonte E, neste perfil, uma cor mais escura. Também neste horizonte E há um leve incremento de argila se comparado aos anteriores sendo que tais valores se intensificam no perfil a seguir.

Quadro 5 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na quinta tradagem (T5)

	Horizonte A 0-27 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 27-55 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 55-72 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 72-87 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 87-96 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 96+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

4.1.6 Perfil 6

No perfil 6 (Quadro 6), se expressa um aspecto do segmento de vertente em subsuperfície que merece ser salientado. Não só como nos horizontes do perfil anterior houve uma ocorrência mais próxima à superfície como também os valores de argila, nestes horizontes, são significativamente mais altos que nos demais de uma maneira geral.

O horizonte AE apresentou 24,3% de argila e a 50 cm de profundidade já havia valores de 31,3%, seguidos de 34,7%, 42,5% e 40,5% de argila ao longo do perfil. Também é de salientar que os parâmetros de cor dos horizontes superficiais e do horizonte E evidencia uma considerável presença de matéria orgânica além da ocorrência de um horizonte E delgado e argiloso.

Quadro 6 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na sexta tradagem (T6)

	Horizonte A 0-35 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 35-50 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 50-63 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 63-69cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 69-82 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 82+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

Estas constatações, nesta parcela do segmento de vertente (terço médio), serão discutidas posteriormente uma vez que os horizontes mais próximos à superfície poderiam ser atribuídos a denudação intensa nesta área de intenso fluxo superficial. Mas já as maiores concentrações de argila e parâmetros de cor salientando matéria orgânica podem sugerir um acúmulo subsuperficial de sólidos nestes horizontes.

4.1.7 Perfil 7

O perfil 7 (Quadro 7), trata-se de um perfil mais profundo com um E bem marcado e espesso com concentração de argila de 11,6% frente aos 13,7% e 14,1% dos horizontes superficiais. Horizontes subsuperficiais apresentado de 38,2% a 39,7% de argila.

A partir deste perfil os valores de argila começam a decrescer à medida que o segmento de vertente avança, muito provavelmente em função das influências da litologia Formação Santa Maria – Membro Passo das Tropas e suas características de alta permeabilidade.

Quadro 7 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na sétima tradagem (T7)

	Horizonte A 0-28 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 28-62 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 62-106 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte B1 106-126 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B2 126-156 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B3 156+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

4.1.8 Perfil 8

No perfil 8 (Quadro 8), os horizontes superficiais apresentam os mesmos valores de argila (14,6%), um horizonte E com característica redução de argila por eluviação (13,6%) e valores de 26,2%, 38,6% e 35,3% no EB, B1 e B2, respectivamente, mantendo um decréscimo em relação aos horizontes dos perfis presentes nas cotas superiores.

Quadro 8 – Descrição morfológica dos horizontes identificados no perfil obtido na Oitava tradagem (T8)

	Horizonte A 0-40 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns
	Horizonte AE 40-66 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 66-104 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 104-120 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 120-134 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 134+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

4.1.9 Perfil 9

Quadro 9 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da nona tradagem (T9)

	Horizonte A 0-30 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca arenosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 30-56 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 56-100 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilo-Siltosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 100-110 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 110-128 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 128-137 cm; (2,5 YR 4/8, úmido); argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.
	Horizonte B3 137+ cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte

O perfil 9 (Quadro 9) apresenta o menor teor de argila para os horizontes A desta toposequência, com 12,9%. Também apresenta um horizonte E bem

característico e bastante espesso, com 13,2% de argila frente aos 15,4% do AE, além de horizonte EB teores de 23% e horizontes B1 e B2 e BC com 36,9%, 37,6% e 44,8% de argila respectivamente.

Uma vez no terço inferior do segmento de vertente em estudo, o perfil 9 apresenta atributos de cor que caracterizam maior influência da litologia Membro Passo das Tropas, o que pode ser confirmado em seus atributos de cor que denotam presença de areia mais marcante.

4.1.10 Perfil 10

No perfil 10 (Quadro 10), observou-se uma condição anômala frente aos demais perfis, uma vez que a influência da litologia presente na porção final do terço inferior do segmento de vertente em questão tem bem marcada sua expressão.

Quadro 10 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da décima tradição (T10)

	Horizonte A 0-27 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca arenosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 27-65 cm; (5 YR 3/4, úmido) franca arenosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 65-99 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); franca arenosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 99-117 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); franca arenosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 117-135 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); franca arenosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras. Horizonte
	Horizonte B2 135+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); franca arenosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

A litologia Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria apresenta teores de argila, determinado em laboratório para este estudo, de apenas 10%, sendo que os horizontes acima descritos apresentam teores de argila da ordem de 13,5% no A, 13,8% no AE, 10,5 no E, 11,3 no EB, 16,9% no B1 e 17,1 no B2. Nota-se por tanto, que neste perfil em especial a influência da litologia é

extremamente presente, hora provendo aporte de granulometria mais grosseira, hora permitindo a drenagem de partículas finas. Esta influencia também fica evidentemente constatada ao analisar os parâmetros de cor apresentados ao longo do perfil que também sugere ambiente de redução nos horizontes subsuperficiais.

4.1.11 Perfil 11

Finalizando a topossequência, tem-se uma sondagem que demonstrou um perfil com características de área de acumulação. No perfil 11 (Quadro 11), aparecem teores bem mais altos de argila nos horizontes superficiais que os demais perfis. Este perfil também apresentou, através de seus parâmetros de cor, características de acumulação de matéria orgânica e saturação subsuperficial.

Quadro 11 – Descrição morfológica dos horizontes do perfil da décima primeira tradagem (T11)

	Horizonte A 0-27 cm; (5 YR 3,2/, úmido); franca; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte AE 27-40 cm; (5 YR 3/4, úmido); Franca; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte E 40-56 cm; vermelho amarelado (5YR 4/4, úmido); Franco Argilosa; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual; raízes comuns.
	Horizonte EB 56-68 cm; (2,5 YR 3/6, úmido); Franca argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B1 68-95 cm; vermelho (2,5R 4/6, úmido); Franca; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns, pequenos a médios; friável, plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes raras.
	Horizonte B2 95+ cm; (2,5 YR 4/8, úmido); Franca argilosa; ligeiramente plástico ligeiramente pegajoso; blocos angulares e subangulares de pequenos a médios; cerosidade ausente; poros comuns pequenos e médios; friável; transição plana gradual; raízes ausentes.

Sua descrição caracterizou uma sequência A, AE, E, EB, B1 e B2 com elevados conteúdos de argilas, com altos conteúdos de matéria orgânica e um B2 com muito da litologia subjacente, Membro Alemoa da Formação Santa Maria.

4.2 REPRESENTAÇÃO EM ESCALA DA SITUAÇÃO DOS PERFIS E RESPECTIVOS HORIZONTES NA TOPOSSEQUÊNCIA

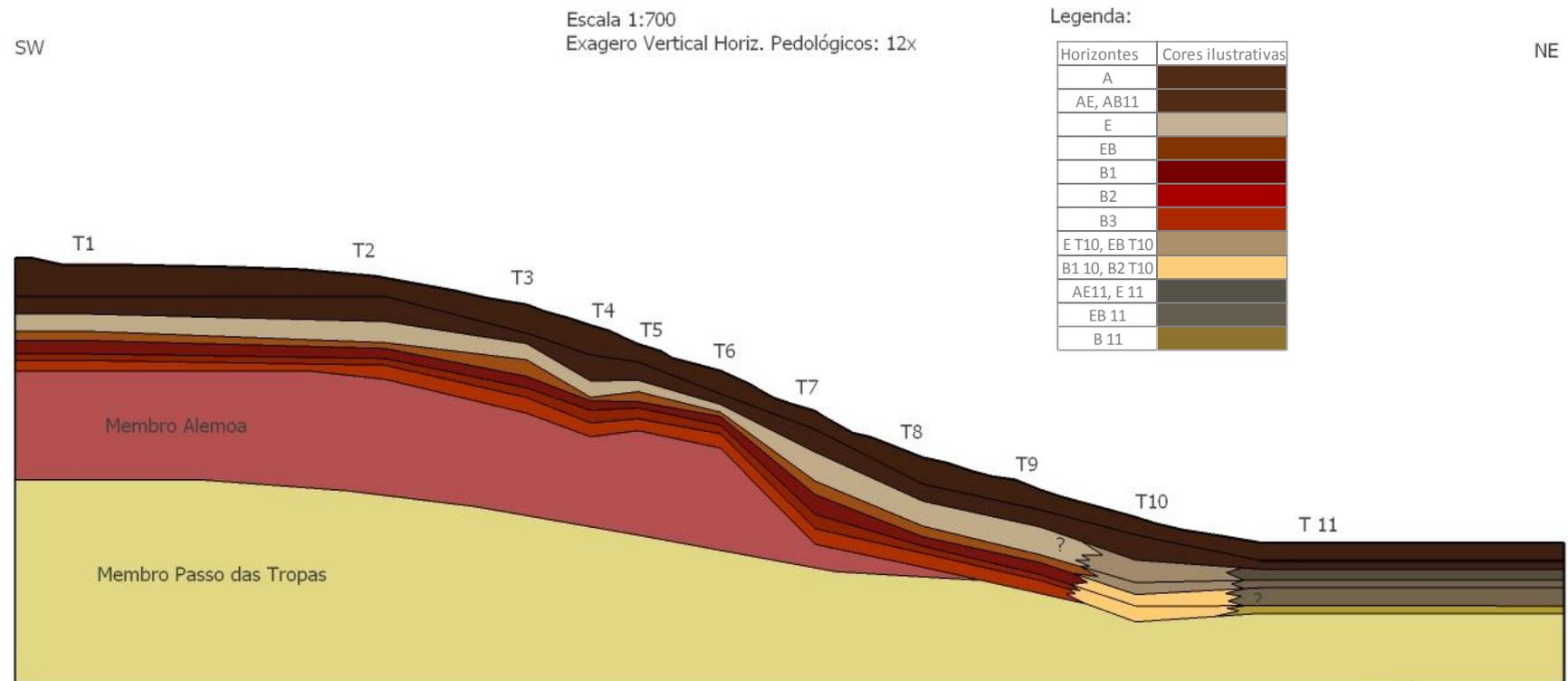
Uma vez caracterizada a descrição morfológica dos horizontes constituintes dos respectivos perfis da topossequência do segmento de vertente analisada foi possível construir uma representação em escala para facilitar o entendimento e discussão dos determinantes em questão neste estudo.

Dessa forma, utilizando-se dos dados obtidos no levantamento planialtimétrico (distâncias horizontais e alturas de cotas), além de características dos perfis, como espessura de horizontes e sua situação no relevo, construiu-se então um perfil do relevo da topossequência do segmento de vertente.

Para tanto se considerou desde a cota mais alta do levantamento onde se situou a primeira sondagem (T1) e, evoluiu ao longo da topossequência até a décima primeira sondagem (T11), situada onde o relevo passa a apresentar cotas de alturas constantes caracterizando uma área plana de acumulação. Assim definiu-se o segmento de vertente onde se acreditou darem-se os processos a serem averiguados, restringindo dessa forma o âmbito desta análise.

Os dados provenientes do levantamento topográfico planialtimétrico obtidos a partir de GPS RTK, possibilitaram a obtenção de dados em arquivo DWG contendo valores de distâncias horizontais e cotas referentes ao segmento de vertente estudado. Também possibilitou sua inserção em ambiente CAD para a elaboração de representação esquemática da topossequência do segmento de vertente de forma fidedigna (Figura 8) possibilitando a compreensão de sua dinâmica.

Figura 8 – Representação em escala da situação dos horizontes e respectivos perfis sondados na topossequência do segmento de vertente estudado



4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

As análises granulométricas foram as determinações chave para este estudo. Seguindo a metodologia proposta por Suguio (1973), como dito anteriormente, os ensaios foram efetuados no Laboratório de Sedimentologia do departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria a partir de amostras obtidas em cada um dos horizontes diagnósticos identificados em cada um dos perfis analisados. Também são apresentadas as análises granulométricas das litologias presentes na área.

Os dados obtidos são aqui apresentados em forma de Tabelas e gráficos e discutidos dentro de seus contexto e posição no segmento de vertente, buscando a compreensão de uma dinâmica nesta topossequência a partir das variações dos conteúdos de argilas apresentados pelos horizontes dos perfis ao longo do segmento de vertente.

A apresentação dos dados das granulometrias (disponíveis na subseção de anexos, na forma de gráficos) permitiu pormenorizar de forma integrada, a dinâmica presente no segmento de vertente, uma vez que quantificou as variações nos conteúdos granulométricos, aqui enfatizada a fração argila, buscando evidências de transporte de sólidos em subsuperfície.

Dessa forma, a granulometria das partículas constituintes das amostras dá subsídio a uma identificação dos processos presentes centrando as discussões nos horizontes subsuperficiais sem deixar de considerar e contextualizar os demais elementos presentes.

A seguir apresentam-se os resultados referentes aos valores obtidos nas determinações da granulometria das litologias da Formação Santa Maria, Membro Alemoa e Membro Passo das Tropas. Posteriormente são apresentados os conteúdos de areia e silte obtidos, e em sequência, se discute de maneira mais ampla os valores obtidos na determinação da fração argila, foco central desta discussão.

4.3.1 Granulometrias das litologias presentes no segmento de vertente

Tabela 1 – Valores percentuais obtidos nas análises granulométricas das litologias da Formação Santa Maria (Membro Alemoa e Membro Passo das Tropas)

Granulometria Litologias Formação Santa Maria (%)		
	Membro Alemoa	Membro Passo das Tropas
Areia	0,9	81
Silte	43,9	8,9
Argila	55,3	10,1

A litologia Membro Alemoa da Formação Santa Maria está presente na maior parte da topossequência do segmento de vertente estudado. Sua expressão se dá desde as cotas mais altas, onde pode ser encontrada a seis metros da superfície, estendendo-se até o terço inferior do segmento de vertente, onde dá lugar a litologia Membro Passo das tropas que, por sua vez, influencia os últimos perfis do segmento de vertente nas cotas mais baixas.

Apresentando valores de areia, silte e argila da ordem de 0,9%, 43,9% e 55,3%, respectivamente (Tabela 1), a litologia Membro Alemoa caracteriza um aquífero bem definido. Assim, no segmento de vertente estudado, as características da litologia Membro Alemoa contribuem para a expressão da impermeabilidade dos horizontes subsuperficiais da maior parte da área, uma vez atuando como material de origem com predomínio de finos marcadamente presentes no terço superior e terço médio do segmento de vertente.

Já os valores da análise granulométrica da litologia Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria sugerem uma situação inversa. Com valores de areia, silte e argila da ordem de 81%, 8,9% e 10,1%, respectivamente, esta litologia se caracteriza como um importante aquífero dado seu conteúdo de areia. Isto vem ao encontro de suas características de infiltração e condutividade hidráulica que definem em muito as condições subsuperficiais do terço inferior do segmento de vertente, tanto na morfologia dos perfis e de seus respectivos horizontes como, principalmente, no que diz respeito aos seus conteúdos de finos nesta porção do segmento de vertente, uma vez que aumentando a drenagem diminui o percentual destes últimos subsidiando discussões a serem colocadas posteriormente.

4.3.2 Granulometria dos horizontes presentes na topossequência do segmento de vertente

4.3.2.1 Valores obtidos da fração areia

Tabela 2 – Valores percentuais da fração areia obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência

Areia total % (1 mm a 0,062 mm)											
Horizonte	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11
A	53,99	56,99	61,04	59,05	58,75	56,75	62,9	59,05	65,01	53,99	45,7
AE	49,32	57,88	56,69	50,07	54,58	49,82	56,41	59,56	59,99	49,32	38,1
E	45,82	51,39	55,56	50,62	53,99	43,51	56,78	50,62	58,71	45,82	33,5
EB	44,05	43,37	50,82	35,48	43,09	41,83	40,71	48,15	51,82	44,05	29,5
B1	36,88	35,62	39,16	32,08	40,88	36,66	38,93	42,04	43,3	36,88	27,6
B2	37,19	33,75	38,78	34,65	34,55	29,76	38,4	43,47	43,14	37,19	31,4
B3		34,75	42,71						34,28		

Nos valores obtidos para a fração areia apresentados na Tabela 2 é possível perceber uma grande influencia dos fluxos superficiais. Os horizontes A e AE, de uma maneira geral, apresentam valores que permitem diagnosticar um forte carreamento de partículas em superfície bem como perda de finos dados, os pronunciados valores desta classe granulométrica caracterizando a intensidade dos fluxos em superfície. Já os horizontes eluviais E e EB denotam a intensidade do processo pedogenético, uma vez que apresentam valores superiores de grosseiros se comparados aos horizontes inferiores e ao material de origem.

As constantes adições e perdas em função dos fluxos superficiais, a própria pedogênese e talvez até relíquias de processos pretéritos, ficam bem claros ao se observar a Tabela dos valores percentuais da fração areia nestas amostras. Percebe-se assim, que os valores encontrados nos horizontes se diferenciam bastante dos materiais de origem (vide litologias), inclusive em subsuperfície, sendo esta diferença bem marcada entre os horizontes de um mesmo perfil bem como em da função da posição do perfil na topossequência.

Estas observações caracterizam a evolução pedológica destes perfis dada sua diferenciação e a intensidade dos fluxos superficiais e subsuperficiais em ação neste sistema. As adições e perdas evidenciadas por estes valores salientam uma dinâmica interligada onde as cotas superiores contribuem às inferiores enfatizando a noção da paisagem como um sistema integrado. Assim, as características acima observadas definem de certa forma, a escala da situação em que se encontra o sistema pedológico em questão e subsidiam o foco principal deste estudo a ser apresentado e discutido em um momento oportuno mais a frente.

4.3.2.2 Valores obtidos da fração silte

Tabela 3 – Valores percentuais da fração silte obtidos nas análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência

Silte % (0,06mm a 0,002mm)											
Horizonte	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11
A	28,07	26,53	23,93	26,39	26,99	24,93	23,38	26,39	22,11	26,2	32,9
AE	30,64	23,64	25,64	33,16	27,73	25,92	29,44	25,95	24,58	22,25	34,3
E	30,99	33,74	29,68	35,77	29,35	25,03	31,66	35,77	28,14	28,78	32,4
EB	31,83	26,51	27,43	33,80	27,06	23,43	20,69	25,64	25,18	29,36	28,5
B1	30,18	19,63	17,95	23,87	22,23	20,85	22,83	19,41	19,83	22,96	29,6
B2	31,46	20,66	17,25	21,05	21,22	29,84	21,93	21,29	19,25	23,1	34,13
B3		18,16	20,69						20,95		

Os valores de silte expostos na Tabela 3 apresentam-se relativamente constantes dentro dos perfis quando analisados separadamente. Não há grande amplitude nos valores desta fração granulométrica. Entretanto, de uma maneira geral, pode-se dizer que sua variação é mais significativa entre os horizontes de um mesmo perfil que em um mesmo horizonte quando analisado comparativamente ao longo do segmento de vertente. Ou seja, estes valores variam mais em profundidade que lateralmente. No entanto, há considerações a serem feitas.

Analisando a Tabela 3 é perceptível que ao longo dos perfis, individualmente, os valores mais elevados da fração silte estão presentes nos horizontes onde atuam com maior intensidade os fluxos hídricos. Os horizontes superficiais A, e os

horizontes com características eluviais AE, E e EB, expressam os maiores valores desta classe granulométrica nos perfis em geral. Também, analisando comparativamente perfil a perfil, verifica-se que os maiores valores de silte se encontram nos perfis com características de áreas de acumulação e que o perfil 11 apresenta os mais elevados valores de silte em toda a topossequência analisada.

Dessa forma, pode-se afirmar que a fração silte apresenta pouca mobilidade frente à intensidade de fluxos no segmento de vertente em questão, mas que, esta pouca mobilidade, não impede que esta fração silte seja carregada pelos fluxos hídricos, sendo assim justificado seu transporte nos valores diferenciados encontrados nas áreas de acumulação P1e P11. Não é identificado nos dados demonstrados na Tabela um padrão de transporte lateral (gradiente) subsuperficial ou mesmo superficial, sendo porém notória a presença desta fração em horizontes eluviais caracterizando mobilidade vertical. Assim, salvo aspectos salientados nas considerações anteriores, é possível afirmar que a fração granulométrica silte no segmento de vertente apresenta, de maneira geral, de fato pouca mobilidade.

4.3.2.3 Valores obtidos da fração argila total

A caracterização granulométrica da fração argila possibilitou, em um primeiro momento, a caracterização dos solos presentes nos perfis sondados definindo-os como da classe Argissolos uma vez que, segundo Dalmolin; Pedron (2009), sua principal característica é a presença de horizonte superficial de textura média arenosa e horizonte subsuperficial B textural com incremento de argila iluvial, tendo sequência de horizontes A, B e C, podendo em muitos casos haver horizonte E.

Assim a diferença de teores de argila nos horizontes superficiais em relação aos subsuperficiais além de satisfazer as condições de enquadramento do solo em uma classe taxonômica também caracterizou um processo pedológico predominante onde há transferências de materiais nos horizontes em função da profundidade, a lessivagem. Isto é perceptível ao verificar-se a variação textural entre estes horizontes, sendo que isto se repete na maioria dos perfis do segmento de vertente em estudo, salvo, em menor intensidade, no perfil 10, em muito devido a influência da litologia subjacente, Membro Passo das Tropas, de drenagem intensa ocasionando mais perdas que acumulação.

Em um segundo momento, os valores dos teores de argila obtidos nas análises granulométricas possibilitaram desenvolver uma avaliação das dinâmicas em subsuperfície em função da intensidade e variação espacial de seus valores identificando assim os eventos em questão. Esta constatação possibilitou a inserção deste estudo dentro da perspectiva geomorfológica quando subsidiou a análise e identificação de um possível componente de rebaixamento do relevo dadas as variações e tendências ao longo do segmento de vertente em subsuperfície, levando a caracterização dos eventos em função das observações das variações nos valores nos horizontes identificados em seus respectivos perfis ao longo da topossequência no sentido das cotas mais altas às mais baixas. Analisando-se a Tabela 4 se pode averiguar diversas dessas constatações.

Tabela 4 – Valores percentuais da fração argila total obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência

Argila total % (0,002mm a <0,0005mm)											
Horizonte	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11
A	17,9	16,5	15,0	14,6	14,3	18,3	13,7	14,6	12,9	13,5	21,4
AE	20,0	18,5	17,7	16,8	17,7	24,3	14,1	14,5	15,4	13,8	27,5
E	23,2	14,9	14,8	13,6	16,7	31,5	11,6	13,6	13,2	10,5	34,1
EB	24,1	30,1	21,7	30,7	29,8	34,7	38,6	26,2	23,0	11,3	41,9
B1	32,9	44,8	42,9	44,1	36,9	42,5	38,2	38,6	36,9	16,9	42,8
B2	31,4	45,6	44,0	44,3	44,2	40,4	39,7	35,2	37,6	17,1	34,5
B3		47,1	36,6						44,8		

No que diz respeito aos horizontes superficiais A pode-se perceber que os valores de argilas apresentados na Tabela 4 são mais altos nos horizontes encontrados nos perfis sondados nas áreas de acumulação com exceção do perfil 6, a ser considerado posteriormente. O perfil 11, de cota mais baixa, apresenta os maiores valores na topossequência tratando-se de horizontes superficiais quando comparados aos valores dos demais perfis nas áreas de maior escoamento superficial. Escoamento este regido pelo declive do segmento de vertente que denota perdas de materiais em função de fluxos hídricos superficiais.

A expressão de um decréscimo de valores de argilas do horizonte A ao longo do segmento de vertente, respeitando seu sentido de caimento, é perceptível desde o perfil 1, passando pelo perfil 2 e assim sucessivamente até o perfil 5. Neste trecho da topossequência, observa-se gradiente decrescente de valores de argila total no horizonte superficial, que embora relativamente tênue ainda assim é decrescente, caracterizando uma intensificação destes fluxos neste sentido.

Este gradiente decrescente percebido nos valores de argila total do horizonte A do perfil 1 ao perfil 5, é interrompido por uma elevação dos valores de argila no horizonte A do perfil 6 e retomado de forma descontínua, uma vez respeitando a baixa amplitude das variações, até o perfil 10, a partir do qual inicia a área de acumulação. No perfil 11 ocorre a maior concentração de argila total no horizonte A quando comparado ao mesmo horizonte em toda a topossequência como dito anteriormente.

A mesma tendência é apresentada pelo horizonte AE ao longo da topossequência, com valores ligeiramente mais elevados que no horizonte A. No horizonte AE, novamente nota-se a elevação do valor da fração argila no perfil 6, precedida de um sutil incremento do valor de argila no perfil 5, predizendo o que se demonstrará mais tarde ser uma tendência peculiar deste segmento de vertente expressa como uma proeminência dos teores de argila no perfil 6 e precedida de breve elevação dos teores de argila no perfil 5.

No que se refere ao horizonte E, avaliando sua evolução na topossequência, há um gradiente tênue nos valores de argila que aparece entre perfil 1 e perfil 4. Este gradiente decrescente é seguido novamente da proeminência dos valores de argila no perfil 5 e no perfil 6, interrompendo então o decréscimo e não expressando-se nas sondagens seguintes.

Há algo bastante interessante de ressaltar sobre o horizonte E na topossequência de uma maneira geral que é a sua própria expressão nos perfis. Seus valores de argila sofrem um súbito decréscimo em relação aos horizontes imediatamente superiores, caracterizando de forma clara sua presença definida como produto da ação dos processos de eluviação nestes perfis. A modificação de seus parâmetros de cor, salientando seu esqueleto arenoso e a deposição de materiais provenientes dos horizontes superiores nos horizontes inferiores dá condições à presença do horizonte B textural bem definido nestes perfis.

Presente de maneira geral na topossequência do horizonte E apenas não expressa menores valores de argila nas sondagens do perfil 1, perfil 6 e perfil 11. Se apresenta aqui então novamente a peculiaridade em torno do perfil 6, uma vez que os três se comportam como perfis de área de acumulação, sendo que o perfil 6 não está em uma área de acumulação e sim em uma área declivosa.

A partir do horizonte EB na topossequência inicia-se o aparecimento de valores mais altos de argila total nos perfis em função da profundidade. No perfil 1 este horizonte não apresenta os maiores valores de argila total quando comparado aos demais perfis, apesar de estar em uma área de acumulação, mas ocupa a terceira posição no “ranking”. Por ser a cota mais alta, o perfil 1, sugere mobilidade desta fração neste local, sugerindo ainda contribuição de setores da vertente não abrangidos neste estudo.

Já o perfil 2 apresenta valores que sugerem infiltração vertical de contribuições de argila total provenientes de cotas mais altas, respeitando o princípio de infiltração de contribuições de áreas superiores versus declividade dada a sua posição no segmento de vertente, uma vez que esta é anterior a declividade.

Os valores de argila do perfil 2 caracterizam sua posição no segmento de vertente estando imediatamente anterior ao início do declive. Isto em consequência da intensidade do escoamento, o que ocasiona baixa contribuição ao transporte vertical de argila, justamente em função das características dos fluxos superficiais que lhe servem.

Respeitando a pequena amplitude de variação pode-se constatar um gradiente crescente no horizonte EB dos perfis 2, 3,4, 5 e 6 que é interrompido, não expressando-se nos perfis seguintes.

Analisado separadamente, o perfil 6 volta a apresentar valores que fazem jus a áreas de acumulação, embora esteja em pleno declive na topossequência. O perfil 7 mantém-se de forma semelhante apresentando valores superiores aos demais perfis do segmento de vertente, exceto ao perfil 11.

Já os perfis 8, 9, 10 apresentam valores decrescentes, muito provavelmente em função da influência da litologia Membro Passo das Tropas e o perfil 11, como já dito, apresenta o maior valor de argila total entre os perfis em decorrência de sua localização em área de acumulação.

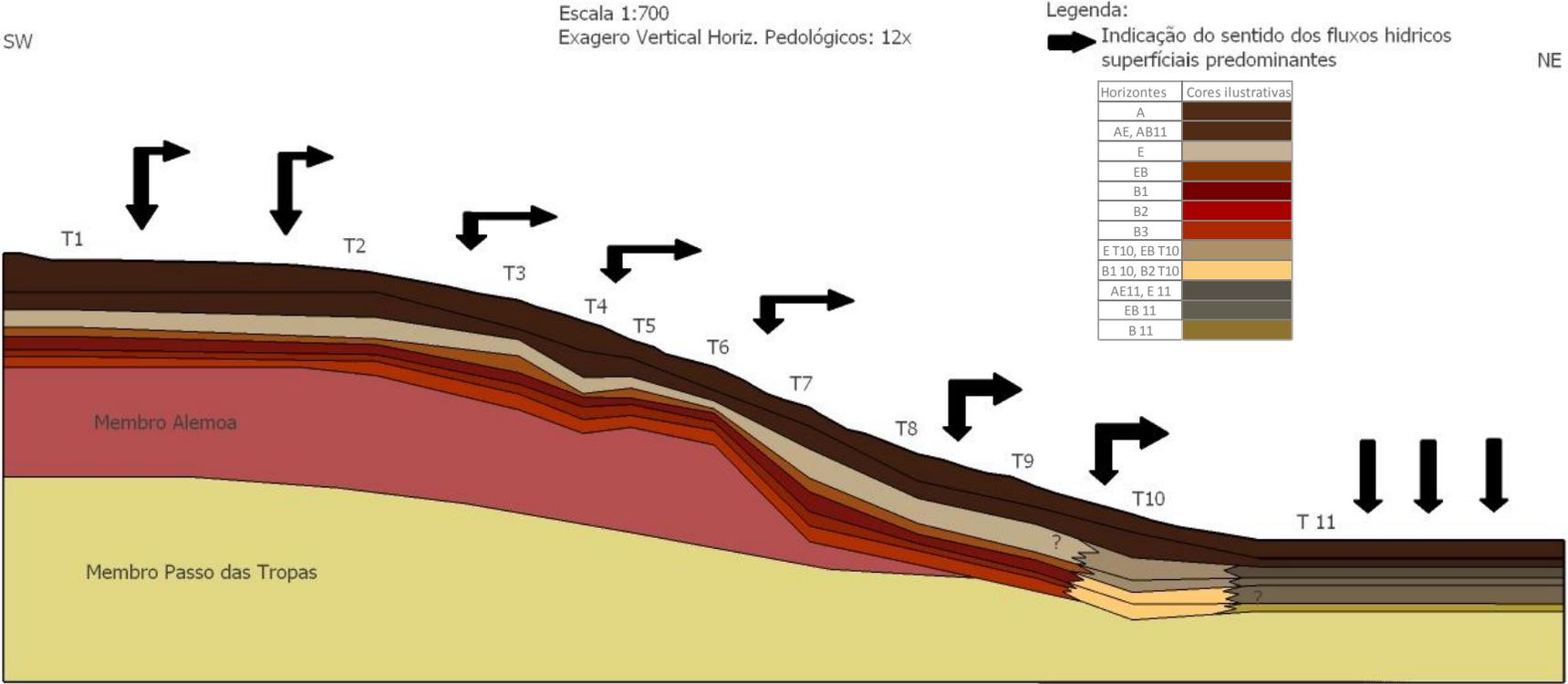
Os horizontes subsuperficiais B1, B2, B3 não apresentaram um gradiente lateral nos teores de argila mostrando-se bastante variáveis em suas concentrações.

Isto sugere o predomínio de um componente vertical de fluxos hídricos eluviais, uma vez que sua variação se dá em função da profundidade e, talvez, até da presença de argila pedogenética.

Nota-se, também, em relação às variações dos teores de argila no horizonte B que há, em determinados momentos, um decréscimo vertical dos teores de argila em relação ao horizonte B imediatamente superior. Estes valores, muito provavelmente, estão ligados ao acúmulo iluvial nos horizontes superiores, não sendo expressos nos horizontes subjacentes, o que caracteriza uma proximidade ao material de origem demonstrando, inclusive uma aproximação ao horizonte BC.

A partir destas observações, considerando fluxos hídricos predominantes, diagnosticados através das variações dos teores de argila, dada sua mobilidade devido ao seu diâmetro, pode-se sugerir uma identificação de sentidos predominantes de fluxos hídricos superficiais conforme representação a seguir (Figura 9).

Figura 9 – Representação em escala da situação dos perfis e respectivos horizontes sondados na topossequência indicando fluxos hídricos superficiais predominantes



Estes resultados apresentados na Figura 9 caracterizam o que se pode entender como os fluxos hídricos predominantes na topossequência, em sua maior parte superficiais, vindo ao encontro do que foi exposto na discussão anterior. Através da identificação de adições e perdas de argilas ao longo da topossequência do segmento de vertente estudada foi possível deduzir e representar tal dinâmica tomando como base os conteúdos granulométricos obtidos nas análises laboratoriais e apresentados nas Tabelas anteriores.

Os altos valores de argila total do horizonte A dos perfis 1 e 2, demonstram transporte superficial e infiltração. A intensidade do escoamento que ocorre do perfil 3 até o Perfil 5 imprime em valores decrescentes de argilas sua expressão e os baixos valores desta fração nos perfis 8, 9 e 10, confirmando situação semelhantes. Em subsuperfície pode-se dizer, de forma parcial, que além da presença de um carácter eluvial-iluvial, ainda há uma forte drenagem no terço final da topossequência.

De certa forma, isto representa adequadamente o que ocorre em superfície na vertente, uma vez que sua identificação baseia-se nos valores da argila total identificados ao longo do segmento de vertente, bem como nos dados obtidos no levantamento topográfico, nas descrições morfológicas e nas análises laboratoriais, aproximando de forma bastante clara os eventos “in situ”. No entanto, as considerações das variações da argila total ao longo do segmento de vertente não justifica, de forma isolada, o propósito deste estudo quando busca identificar elementos subsuperficiais de transporte de materiais ao longo da vertente, no sentido das cotas mais altas para as cotas mais baixas, como elemento de rebaixamento dos compartimentos do relevo. Nem tão pouco identifica porque o perfil 6, e também os perfis 5 e 7 de forma subordinada, apresentam uma proeminência de valores de argilas no horizonte A, e principalmente nos horizontes AE, E e EB, inclusive fazendo com que os horizontes B1 e B2 expressem-se mais próximos a superfície em tais perfis.

Isto sugere a necessidade de uma análise mais apurada onde se possa compreender a natureza dos eventos hídricos subsuperficiais e seus sentidos predominantes para que se possa justificar o que de fato ocorre ao longo da vertente em subsuperfície. Também se faz necessário o esclarecimento das expressões dos valores de argila total nos horizontes dos perfis 5, 6 e 7 não respeitarem as diretrizes de infiltração versus declividade, uma vez que seus valores não parecem corresponder ao esperado para perfis em suas posições neste segmento de

vertente. A compreensão de tais mecanismos parece residir na dinâmica de outros elementos dentro da composição granulométrica da vertente como um todo.

A fração silte está presente de forma mais significativa nos horizontes E da maior parte dos perfis. Isto sugere que os processos verticais de lessivagem favorecem sua acumulação nestes horizontes e que os materiais provenientes de fluxos superficiais justificam sua maior concentração no horizonte e menor no horizonte AE, caracterizando a transferência vertical ao horizonte inferior E, enquanto o horizonte A recebe e acumula contribuições de partículas desta classe granulométrica provenientes de cotas mais altas sem, no entanto, expressar gradiente.

De maneira geral, os maiores valores de areia nos horizontes A da topossequência caracterizam um ambiente de perda de finos e adições de materiais grosseiros provenientes de cotas superiores. Pode-se afirmar isso uma vez que seus valores se apresentam praticamente decrescentes em função da profundidade, estando intimamente ligada aos processos denudacionais onde seus materiais são diferenciados e preparados para a denudação pela ação dos processos pedogenéticos.

Nas áreas de acumulação os teores de argila total também variam em função da profundidade, porém de forma crescente, uma vez que, ao contrario da areia que se apresenta como elemento residual, comportando-se como relíquias de processos pretéritos. Nos horizontes E apresenta-se escassa ou derivada de outras sitios que contribuem com este material proveniente de fluxos verticais.

Uma variação horizontal da argila, dúvida uma vez aqui levantada, talvez requeira maiores recursos para sua discussão. Sua compreensão talvez passe pela dinâmica de frações de maior mobilidade e o entendimento da vertente em todos seus elementos possíveis de serem compreendidos.

Assim, como recurso para a continuidade das avaliações deste estudo é proposto então averiguar, de maneira mais detalhada, os dados disponíveis obtidos nas granulometrias. Para tanto, fez-se um desdobramento da fração argila total, previamente apresentada e discutida, em alguns de seus componentes constituintes.

Estes componentes estão compreendidos pela fração argila e apresentam dimensões superiores a 0,0005 mm (aqui tratada como argila grossa) e as frações inferiores a 0,0005 mm (tratadas como coloide). Dessa forma busca-se uma maior abrangência da discussão analisando os dados obtidos a partir de Tabelas a serem discutidas conforme segue.

4.3.2.4 Valores obtidos na Fração Argila >0,0005 mm (argila total – colóide)

Tabela 5 – Valores percentuais da fração argila > 0,0005 mm (argila total – colóide), obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência

Argila > 0,0005 % (argila total - colóide)											
Horizonte	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11
A	8,21	7,85	5,85	6,53	5,56	6,96	6,58	6,53	6,90	6,49	10,50
AE	7,69	8,30	5,24	5,79	5,89	6,72	6,39	6,95	6,98	6,54	9,30
E	7,22	6,26	4,86	5,29	5,72	6,79	6,01	5,29	6,93	5,83	9,40
EB	7,56	6,69	6,01	5,75	5,30	6,97	5,78	7,13	5,33	5,99	10,90
B1	8,25	6,29	5,10	5,41	4,75	6,42	7,48	5,86	7,14	5,21	12,80
B2	6,67	6,16	4,97	4,94	4,95	6,66	10,31	6,72	6,68	3,95	10,50
B3		6,59	5,86						6,98		

Em um primeiro momento, analisando-se os dados provenientes da Tabela 5, correspondente à fração argila maior que 0,0005 mm (“argila grossa”), se pode afirmar que esta apresenta, semelhante ao silte pouca variação em seus valores, tanto verticalmente entre os horizontes dos mesmos perfis como ao longo da topossequência. Mas diferente dos valores encontrados na fração silte, a variação da fração argila > 0,0005 mm não se apresentou maior que 3% na grande maioria dos perfis, sugerindo pouca mobilidade.

Seus maiores valores aparecem nos perfis situados em áreas de acumulação, sendo as mais altas concentrações encontradas no perfil 11, onde apresenta uma amplitude de variação, diferença entre valor mais alto em relação ao mais baixo, da ordem de 3,5%. Neste perfil, a maior expressão do teor de argila maior grossa encontra-se no horizonte B1 e sua menor expressão no horizonte AE.

No perfil 1, também em situação de acumulação, aparecem valores ligeiramente inferiores ao perfil 11 mas que são maiores que os demais valores encontrados nos demais perfis da topossequência em situação de declive. No perfil 1 a amplitude de variação dos teores de argila grossa são da ordem de 1,58%, onde novamente o maior valor encontrado neste perfil está no horizonte B1, e apresenta-se reduzido dos horizontes AE, E e EB, onde apresenta uma diferença de não mais que 0,5%. No perfil 2, que não se encontra plenamente no declive, há pouca

variação entre os horizontes do perfil, 2,14% sendo sua maior expressão no horizonte AE.

Nos perfis situados na área de declive, do 3 ao 10, não houve grande variação entre os teores de argila grossa nos horizontes de uma maneira geral, sendo que pode-se dizer que ao longo da topossequência os perfis se apresentam relativamente bastante semelhantes. Isto permite afirmar que, similar aos teores da fração silte, há pouca mobilidade da fração argila grossa ao longo dos perfis e também ao longo da topossequência, sendo apenas notória sua expressão nos perfis das áreas de acumulação.

4.3.2.5 Valores obtidos na Fração Argila <0,0005 mm (colóide)

A fração colóide aparece como o componente de maior proporção na fração argila total, uma vez que seus valores são discrepantemente maiores quando comparados ao restante da fração argila. Na Tabela 6, estão expressos os valores obtidos nas análises granulométricas referentes à fração colóide. Analisando-se estes dados é possível identificar inicialmente uma grande variação vertical em seus teores assumindo amplitudes de 10% a 30% ao longo dos diferentes perfis da topossequência caracterizando a fração colóide como de extrema mobilidade, dadas as suas diminutas dimensões, o que justifica sua distribuição verticalmente marcada nos perfis. Esta mobilidade subsidiará algumas inferências neste estudo.

Tabela 6 – Valores percentuais da fração colóide (argila < 0,0005mm), obtidos a partir das análises granulométricas das amostras dos horizontes de cada perfil sondado na topossequência

Colóide % (< 0,0005mm)											
Horizonte	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	Perfil 10	Perfil 11
A	9,73	8,63	9,17	8,03	8,71	11,36	7,13	8,03	5,97	6,98	10,9
AE	12,35	10,17	12,42	10,98	11,80	17,54	7,75	7,53	8,45	7,22	18,2
E	15,97	8,61	9,90	8,32	10,94	24,66	5,56	8,32	6,22	4,66	24,7
EB	16,55	23,43	15,74	24,97	24,54	27,76	32,82	19,08	17,67	5,35	31
B1	24,69	38,47	37,79	38,65	32,14	36,07	30,76	32,69	29,73	11,65	30,6
B2	22,46	39,42	39,00	39,36	39,27	33,74	29,36	28,53	30,93	13,15	24,5
B3		40,51	30,73						37,80		

Os menores teores de colóide são encontrados, de uma maneira geral, nos horizontes superficiais (A) da topossequência e também, em alguns perfis, no horizonte E. O fato de se encontrar menores valores de colóides no horizonte A da maior parte dos perfis se dá em função da intensidade dos processos denudacionais superficiais regidos pelo escoamento superficial, demonstrado anteriormente em representação dos fluxos hídricos predominantes.

A variação notoriamente verticalizada destes teores de colóides faz do horizonte AE um entreposto de materiais coloidais provenientes do transporte promovido pelo escoamento superficial e respectiva infiltração fazendo da verticalidade, do transporte em profundidade, a característica mais marcante para esta fração, ao longo dos perfis da topossequência.

No horizonte E, seus menores teores se dão em função da intensa eluviação presente neste horizonte, que transfere verticalmente estas partículas aos horizontes subjacentes. Este processo é salientado pelo fato de, em alguns perfis, as leituras dos teores de colóide nos horizontes subsuperficiais se apresentarem mais altas em horizontes imediatamente inferiores. Isto acontece nos perfis 1, 3, 6, 7 e 8, caracterizando um acúmulo iluvial de argila nos horizontes imediatamente superiores, tipificando a variação textural característica dos Argissolos.

No horizonte EB este incremento dos teores de colóides passa a ser percebido na maior parte dos perfis, marcando início aos eventos de acumulação iluvial, identificando este horizonte como topo do horizonte B, dada sua delgada

espessura. Nos horizontes B1, B2 e B3 dos perfis da topossequência apresenta-se uma evolução em profundidade dos teores de coloide, sendo eventualmente interrompida em alguns perfis pela redução destes teores nos horizontes imediatamente inferiores, como dito anteriormente.

Este predomínio vertical marcadamente visível na Tabela 17 sugere a presença da influência de uma intensa infiltração de materiais provenientes da superfície em direção aos horizontes inferiores, provenientes da contribuição de cotas superiores subordinada ao escoamento superficial. Mas os dados apresentados na Tabela sugerem outros dois eventos visíveis na evolução dos teores de coloide. Um é a presença de gradientes, o outro, a redução dos valores de coloides no terço inferior do segmento de vertente.

Inicialmente, se pode perceber dois gradientes. Nos perfis 2, 3, 4, 5 e 6, apresentam-se no horizonte E, de forma quase irregular, porém crescente, teores de coloide que evoluem no sentido do declive, sendo abruptamente elevados do perfil 6. Esta evolução, como já dito, se dá na direção do declive e não é percebida nos horizontes superiores A e AE, sugerido um transporte via fluxo lateral através do horizonte E.

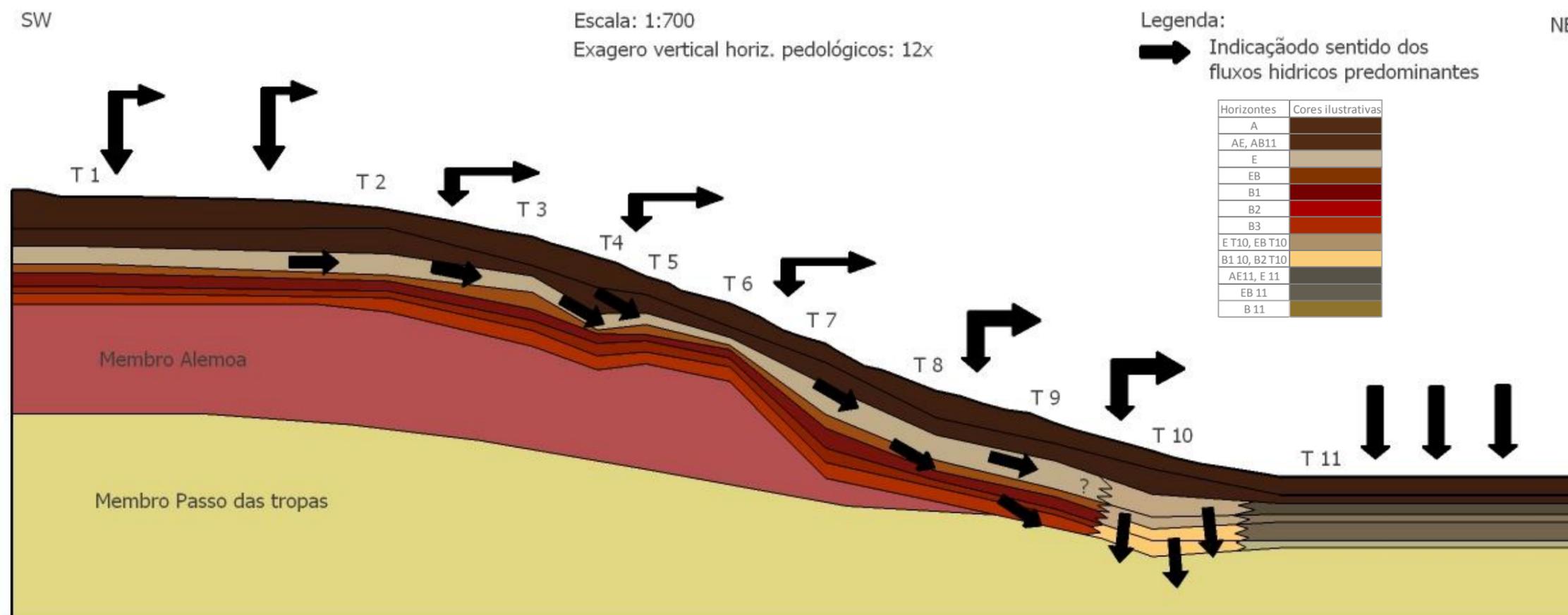
Isto se repete no horizonte imediatamente inferior EB, entendido como topo do B dada sua espessura, de forma marcadamente nítida numa sequência que vai do perfil 3, passando pelo perfil 4,5,6 e chegando até o perfil 7, onde atinge seu maior valor. O fato do horizonte E apresentar gradiente positivo, no que diz respeito aos teores da fração coloide e um gradiente aparecer bem nítido no horizonte subsuperficial imediatamente inferior, sugere que não só fluxos eluviais estão carreando materiais ao topo do B mas que também estes gradientes indicam a presença de um elemento horizontal de transporte de materiais que respeita a declividade.

Já a redução dos valores de coloides no terço inferior do segmento de vertente se dá a partir dos horizontes superficiais e subsuperficiais do perfil 7, 8, 9 e 10, sendo que os valores no perfil 10 sugerem intensa percolação dada a influência da litologia permeável. Estes decréscimos dos valores de coloides são graduais, sendo nítidos inicialmente no perfil 7, em seus horizontes A e AE, estendendo-se aos demais perfis em profundidade, marcando a influência da litologia Membro Passo das Tropas.

Neste contexto, os perfis 1 e 11, que sempre apresentaram valores elevados para as demais frações granulométricas aqui tratadas, devido ao fato de estarem situados em áreas de acumulação, no que diz respeito a fração colóide não apresentaram os maiores valores. Suas expressões, de uma maneira geral, foram inclusive inferiores aos demais horizontes dos perfis nas áreas de declividade.

A mobilidade da fração colóide aqui discutida caracterizou uma série de tendências de fluxos em subsuperfície que possibilita a confecção da Figura 9, capaz de subsidiar as conclusões a serem apresentadas a seguir. Sua apresentação se faz necessária uma vez que ficaram pontos em aberto a serem concluídos para o encerramento deste estudo.

Tabela 7 – Representação em escala da situação dos perfis e respectivos horizontes sondados na topossequência indicando fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais predominantes



A partir do que trata o texto anteriormente e com a representação proposta na Figura 9, pode-se afirmar que são identificados fluxos superficiais e subsuperficiais a partir da análise dos valores obtidos nos teores da composição granulométrica dos horizontes constituintes dos perfis da topossequência analisada. Os teores de areia e argila, bem como a derivação de seus componentes argila grossa e coloide, possibilitaram compreender uma dinâmica hídrica salientada nos seus conteúdos nas amostras analisadas.

Assim, para representar a intensidade dos fluxos denudacionais observados, tanto no elevado conteúdo remanescente de areias nos horizonte A, identificados na topossequência, bem como também caracterizado pelos baixos teores de argila e seus componentes neste horizonte ao longo da topossequência, utilizou-se uma representação de setas em superfície, na Figura 9, indicando o sentido e intensidade do escoamento superficial em função do declive. Também nesta representação aparece indicado um componente vertical caracterizando a infiltração constatada nos acúmulos dos teores de finos nos horizontes transicionais AE, indicando também a tendência vertical dos fluxos de eluviação indicados pelos marcantes baixos teores de finos do horizonte E.

Ainda relativo aos fluxos indicados na superfície da representação em escala da topossequência do segmento de vertente, pode se dizer que nas quotas mais altas há um predomínio de infiltração dadas as características de acumulação das contribuições de quotas superiores, que a partir do perfil 3 até o perfil 6 (compartimentação côncava do segmento de vertente) tem-se a declividade regendo a tendência dos fluxos hídricos caracterizando maior escoamento que infiltração, que a partir do perfil 6 até o 10 (compartimentação convexa do segmento de vertente) tem-se uma leve redução da intensidade do escoamento superficial aumentando a infiltração em função desta desaceleração do fluxo superficial, sendo esta infiltração intensificada pela influência da litologia permeável Membro Passo da Tropas (observado nos reduzidos teores de coloide desta área) e que, finalmente, o perfil 11 caracteriza as áreas de acumulação em função de seus altos conteúdos de materiais provenientes das quotas superiores, apresentando os maiores conteúdos em termos comparativos ao resto do segmento de vertente.

Quanto aos fluxos verticais de eluviação encontrados nos horizontes AE e E da topossequência, pode-se dizer que a presença de gradientes de conteúdos de coloides nestes horizontes em determinados setores da topossequência

caracterizam um modesto transporte de materiais em função da declividade, e que estes gradientes talvez não se expressem continuamente ao longo de toda a topossequência, em função da grande influência da litologia Membro Passo das Tropas no terço inferior do segmento de vertente, como mencionado anteriormente. Este fluxo lateral indicado pelos valores, principalmente, de coloides dá-se em função da impermeabilidade do horizonte subsuperficial B, caracteristicamente impermeável em função da influência da litologia Membro Alemoa no terço superior e médio do segmento de vertente, e que também os acúmulos iluviais de argila provenientes da infiltração de materiais dos fluxos hídricos superficiais determinem esta condição de infiltrabilidade.

Os acúmulos iluviais no horizonte B, característicos de Argissolos, tornam-se evidente uma vez que em algumas determinações obteve-se conteúdos de argilas maiores nos horizontes imediatamente superiores em relação a horizontes inferiores em função da profundidade, evidenciando que estes conteúdos de argilas não são totalmente provenientes do material de origem e sim também de contribuições externas. Neste sentido, o horizonte EB aparece como a frente de acumulação dos materiais iluviais ao se expressar de forma delgada e breve entre o horizonte eluvial e subsequentes horizontes B. Nesta região do perfil pode-se identificar não só as acumulações eluviais, mas também pode-se caracterizar um gradiente bem definido de acumulação progressiva de materiais a partir do perfil 3 até o perfil 7. Este gradiente também está expresso no imediatamente superior horizonte eluvial do perfil 2 até o perfil 6.

O perfil 6 apresentou desde o início desta análise quantidades extremamente diferenciadas de finos em comparação aos demais perfis, caracterizando-se como um perfil em área de acumulação. Este perfil encontra-se na ruptura entre a compartimentação convexo-côncava do segmento de vertente, e talvez por este motivo seus conteúdos de finos elevados e proeminentemente próximos da superfície sugerem que não só a ruptura geomórfica do segmento de vertente contribua para a desaceleração do escoamento superficial, o que ocasionaria maior transporte vertical de finos, mas também que a presença de um fluxo de transporte lateral de partículas finas ao longo da topossequência em função da declividade ocasione acumulação nesta área.

Nos perfis 7, 8, 9, 10 e 11 há uma grande e gradual influência da litologia Membro Passo das Tropas, uma vez que seus conteúdos de coloide, a partícula de

maior mobilidade analisada nesta topossequência, apresentam seus menores valores de uma maneira geral na topossequência. Isto sugere que, não só a intensidade do cumulativo escoamento superficial incidente nesse segmento de vertente, mas a intensidade de infiltração e percolamento proporcionada pela aproximação desta litologia ocasiona tal redução nos valores encontrados nas determinações granulométricas em laboratório. Dessa forma, pode-se dizer que não só há um componente denudacional em superfície neste setor da vertente, como também, muito provavelmente haja um paulatino rebaixamento do relevo, dadas às notórias decrescentes concentrações de finos aqui encontradas.

5 CONCLUSÕES

O principal mecanismo de modelagem do relevo presente nesse segmento de vertente é a denudação superficial. O substancial indicativo de sua importância são os baixos valores de finos nos horizontes superficiais e a marcante presença de areias. Porém, como sugere a literatura, há mais elementos atuando no sentido do modelado do relevo que apenas o carreamento de materiais promovido pelo escoamento superficial. A magnitude dos eventos denudacionais superficiais é preponderante aos demais componentes de rebaixamento do relevo de segunda ordem e sua intensidade sobrepõe-se à percepção destes componentes secundários.

No entanto, neste estudo identificou-se um fluxo de partículas, predominantemente da fração coloidal, como um mecanismo de rebaixamento do terreno. Isto se dá uma vez que o carreamento destas partículas ocorre de forma contínua e em uma cadeia de adições e perdas que paulatinamente, em escala geológica, promove uma transferência permanente de massa das cotas mais altas às mais baixas, ocasionando perda de volume na compartimentação. Nesse sentido, embora não se tenha quantificado a intensidade em que estes eventos de carreamento influenciam na evolução do relevo, foi constatada a presença de uma tendência no segmento de vertente de acumular componentes da fração argila em função da declividade.

Embora a vertente tenha apresentado em alguns segmentos gradientes nos teores de argila que comprovaram o trâmite desta fração granulométrica em direção ao declive, sua expressão não foi dominante em toda a topossequência dada a presença de litologias distintas entre o terço superior e médio e o terço inferior, ocasionando uma percepção parcial da dinâmica a qual este estudo se propôs a averiguar. As litologias presentes no segmento de vertente estudado apresentam distintos comportamentos quanto aos componentes hídricos, como permeabilidade e condutividade hidráulica, em função de suas características granulométricas, sendo então que a plena expressão de um componente lateral de transferência de massa ficou parcialmente mascarado pela interação de componentes presentes e atuantes além do âmbito pedológico.

Esta análise, usando como metodologia norteadora dos procedimentos de averiguação a análise estrutural da cobertura pedológica, foi bem sucedida na

identificação do parâmetro proposto uma vez que foi possível identificar gradientes cumulativos da fração colóide, principalmente, caracterizando a presença de um fluxo hídrico lateral subsuperficial no topo do horizonte B, satisfazendo a condição de pertinência do assunto tratado. Há um gradiente positivo em função da declividade e isto se deve predominantemente aos fluxos hídricos superficiais. No entanto, a presença de litologias distintas, percebida posteriormente à escolha da área de estudo, sugere um Quadro bem mais extenso e complexo da situação deste segmento de vertente que o proposto inicialmente para o estudo.

A presença de um fluxo hídrico lateral subsuperficial predominantemente no âmbito do horizonte E também sugere que a proeminência dos teores de argila e dos horizontes subsuperficiais identificados no perfil 6 da topossequência estudada. Dessa forma, tal proeminência talvez possa ser compreendida parcialmente como acúmulo de materiais carregados lateralmente via horizonte E, complementando o incremento destes materiais também provenientes de infiltração do escoamento superficial, uma vez que é pouco provável que os determinantes da proeminência dos horizontes do perfil 6 seja função de um evento isolado.

A condição da vertente como elemento chave para o estudo da paisagem coloca esta categoria do relevo em um contexto mais amplo que a definição de parâmetros geotécnicos ou pedológicos para a análise das dinâmicas presentes a campo. Parte dos elementos componentes da vertente, enquanto categoria de estudo da paisagem, apresentarem-se ao longo da evolução dos estudos, de certa forma surpreendendo o pesquisador, à medida que as análises e determinações avançam no contexto da pesquisa. Mas ainda assim, a complexidade das relações determinantes da conformação de elementos da paisagem não permite desconsiderar o sistema como um todo, ainda que, no passo de uma análise definida, obrigando ao pesquisador estender as considerações da forma mais ampla e abrangente possíveis.

Assim, não é indicado isolar um determinado componente da evolução do relevo, uma vez que este processo se dá em um sistema aberto onde as adições, perdas, transferências e transformações ocorrem de maneira extensa e permanente em uma escala de tempo que nem sempre nos permite quantificar de forma clara sua intensidade, permitindo apenas que se leia na paisagem as marcas desses processos.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. São Paulo: USP, Instituto de Geografia, Geomorfologia, n. 18, 1969.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel, 1986.
- BIROT, P. **Les méthodes de la morphologie**. Col. Orbis, PUF, (cap. II p. 48- 123), 1955.
- BOCQUIER, G. **Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad**. [S. l.]: ORSTOM, 1973, 325 p. (Mem. ORSTOM, 62).
- BORTOLUZZI, C. A. **Contribuição à Geologia da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil**. Pesquisas, v. 4, n. 1, p. 7-86, 1974.
- BOULET, R. et al. **Analyse structurale et pédologie I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols**. Cahiers ORSTOM, v. 19, n. 4, p. 309-322, 1982a.
- BOULET, R. **Toposéquences et sols tropicaux en Haute Volte: équilibres dynamiques et bioclimats**. Strasbourg, these docteur sciences naturelles. p. 330, 1974.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Le problème de la classification des faits géomorphologiques**. Annales de Géographie. LXV, année, n. 3490, p. 162-185, 1956.
- CASSETI, V. **GEOMORFOLOGIA**. Livro digital. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/index.php>. Acesso em: jan. 2015.
- CASTRO, S. S. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- _____. **Sistemas de transformação pedológica em Marília (SP): B latossólicos e B texturais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1989, 274 p. (Tese de Doutorado).
- CRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, p. 188, 1982.
- CRUZ, O. **Estudos dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatuba-SP**. São Paulo: Departamento de Geografia/USP, 1982, 151p. Tese (Livre Docência em Geografia Física) - Depto de Geografia FFLCH/USP, 1982.
- DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Solos do município de Santa Maria. **Ci. Amb.**, v. 38, p. 59-78, 2009.

DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil geomorphology**. New York, John Wiley & Sons, p. 236, 1992.

DARLYMPLE, J.; BLONG, R. J.; CONACHER, A. J. A hypothetical nine unit land surface model. **Zeitschrift Geomorph.**, v. 12, p. 60-76, 1968.

DELVIGNE, J. **Pédogenèse en zone tropicale: La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique**. Mém. ORSTOM. 1965.

DYLIK, J. **Notion du versant en geomorphologie**. Bull. Acad.Pol. Sci. Série des Sc. Geol. Geogr., v. 16, n. 2, p. 125-132, 1968.

ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 31, n. 1-2, p. 67-92, 2010.

FACCO, R.; GROSS, J. A.; NASCIMENTO, V. B.; WERLANG, M. K. Compartimentação do relevo de um setor a leste da área urbana de santa maria-rs, no bairro de camobi. **Revista Geonorte**, edição especial, v. 2, n. 4, p. 310-319, 2012.

GERARD, J. **Solis and landforms: An integration of geomorphology and pedology**. London: Allen an Un. Press Pub., p. 219, 1981.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J. A. **Morphostructure**. In The encyclopedia of geomorphology. Ed. R. W. Fairbridge, New York:Reinhold Book Co., p. 731-732, 1968.

GILBERT, G. K. **Report on the geology of the Henry Mountains - U.S. Geograph**. Geol. Survey Rochey Mountain Region, p. 109-118 (land sculpture), 1880.

HUGGETT, R. J. **Soil landscape systems: a modelo f soil genesis**. Geoderma, v. 13, p. 1-22, 1975.

KOHLER, H. C. **A Escala na Análise Geomorfológica**. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 3, n. 1, p. 21-31, 2002.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas, SP:SBCS/CNPS, p. 83, 2005.

MACIEL FILHO, C. L. (Org.). **Geologia e Morfologia da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim**. Santa Maria-RS: Centro Universitário Franciscano, 2013, 28 p.: il.

MESCERJAKOV, J. P. **Les concepts de morphostructure et de morphosculture: um nouvel instrument de l'analyse geomorphologique**. Annales de Geographie, Paris, v. 77, n. 423, p. 538-552, 1968.

MILLOT, G. **Les grands aplanissements des socles continentaux dans les pays subtropicaux, tropicaux et désertiques**. Mémoire hors série de la Société Géologique de France, v. 10, p. 295-305, 1983.

MILLOT, G. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenetic processes. In: MELFI, A. J.; CARVALHO, A. de. (Orgs.). **Laterisation Processes**. Proceedings II International Seminar on Laterisation Processes. São Paulo, Brasil. p. 53-63, 1983.

MILNE, G. **Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils**. Londres, Soil Research, v. 4, n. 2, p. 183-198, 1934.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo, USP, 1972.

MULLINS, C. E. (Ed.). **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Dekker. cap. 4, p. 161-207, 1991.

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21., 1987, Campinas. Campinas: SBCS, 1987, p. 415-426.

_____. **Análise Estrutural da Cobertura Pedológica: Uma Experiência de Ensino**. Departamento de Geografia USP, 2002.

_____. **Geomorfologia e Pedologia. GEOUSP: Espaço e Tempo: Revista de Pós-Graduação em Geografia**. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo – nº 13 (2003) – São Paulo: FFLCH/USP, 2003, p. 09-20.

_____. **Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa**. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, p. 77-90, 2002.

ROSS, J. S. Suporte da Geomorfologia Aplicada: Os Tóxons e a Cartografia do Relevo. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, IX, São Luís - MA, **Anais...** São Luís, 2002. CD-ROM.

RUELLAN, A. **Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes: les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)**. ORSTOM, Paris, n. 54, p. 302, 1970.

RUHE, R. V. **Geomorphology**. Boston: Houghton Mifflin, 1975, 255p.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção de processos erosivos. In: GUERRA, A. J.; GARRIDO, R.; SOARES, A. (orgs.) **Erosão e conservação de solos: conceitos, bases e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 229-267, 1999.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG, SBCS/EMBRAPA/CNPS, p. 100, 2005.

SARTORI, P. L. **Geologia e geomorfologia de Santa Maria**. In: Ciência e Natura, n. 38, 2009.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. New York: Oxford University Press, 1993.

STOKES, G. G. **On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulums.** Trans. Camb. Phil. Soc. 9, Part II, p. 8-106, 1851.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia.** São Paulo: Ed. Edgard Blucher. EDUSP, p. 317, 1973.

TRICART, J. Mise au point – L'évolution des versants. **L'information géographique**, 1957.

_____. **Principes et méthodes de la geomorphologie.** Paris: Masson Ed., p. 201, 1965.

TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **Am. J. Sci.**, v. 263, p. 616-627, 1965.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. da; CARDOSO, E. J.; PROCHNOW, L. I. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 4, p. 145-192, 2005.

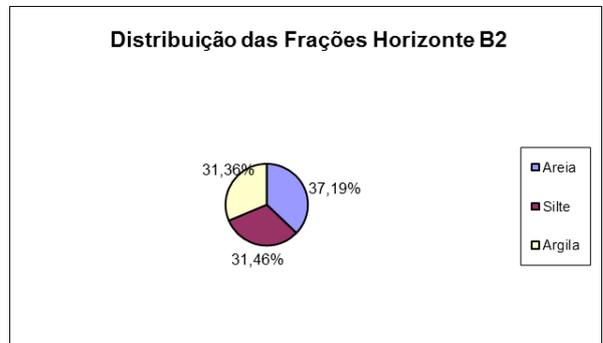
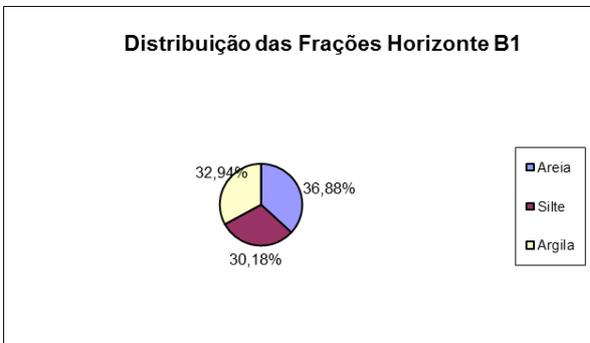
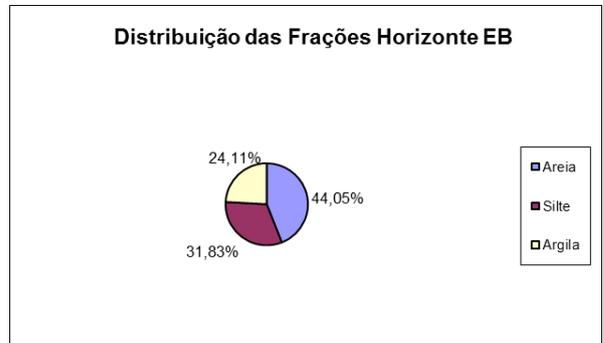
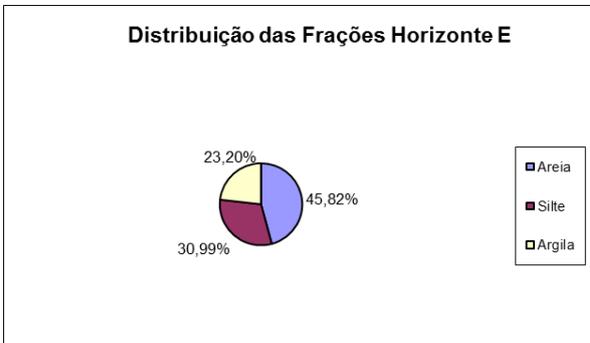
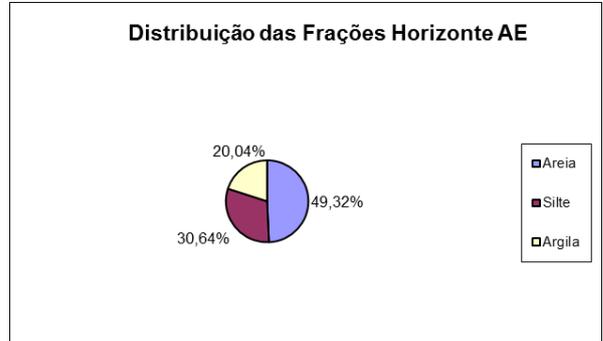
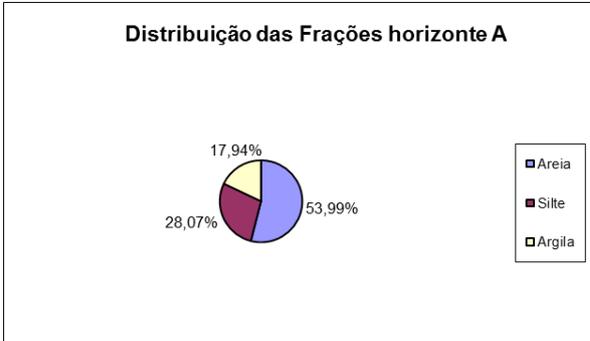
VIEIRA, E. F. Rio Grande do Sul. **Geografia física e vegetação.** Porto Alegre-RS: Sagra, 1984.

WERLANG, M. K.; AITA, R.; FACCO, R. Conformação de vertente face ao comportamento físico-hídrico de um Argissolo Vermelho Distrófico no distrito de Pains/Santa Maria, RS. Santa Maria-RS: **Ciência e Natura**, Ed. Especial II, v. 36, p. 545-554, 2014.

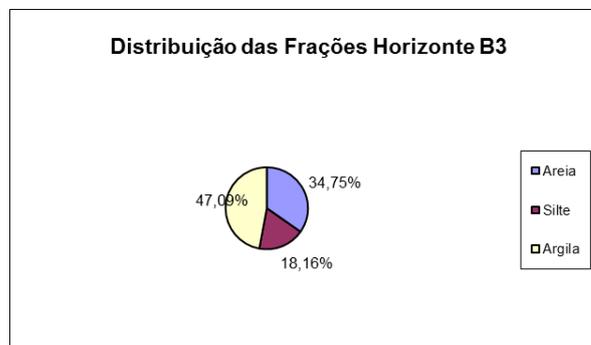
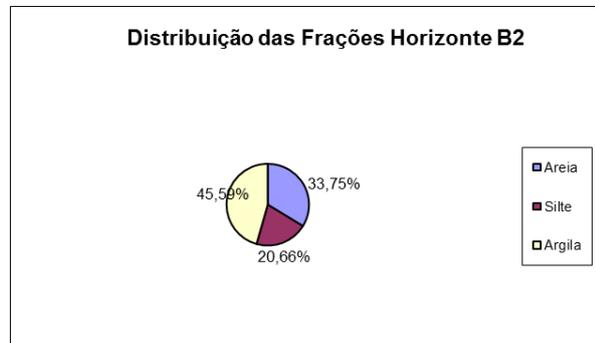
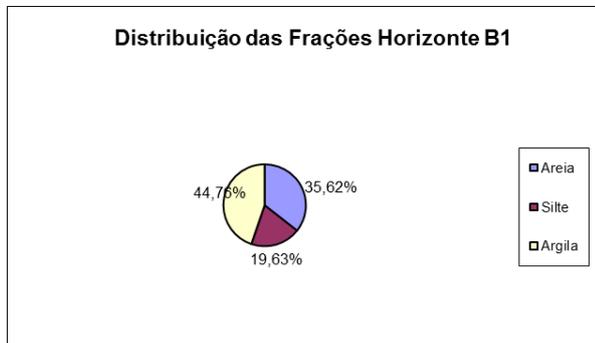
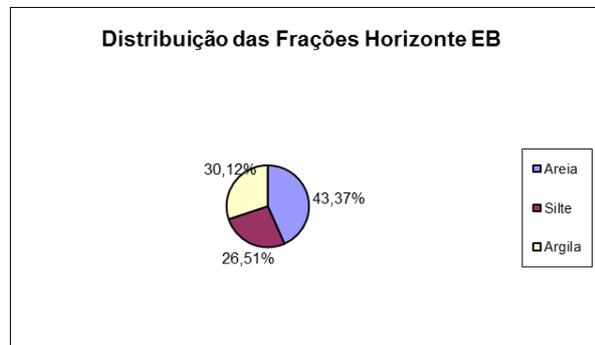
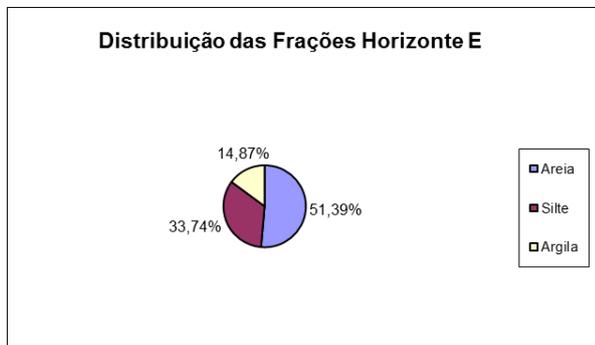
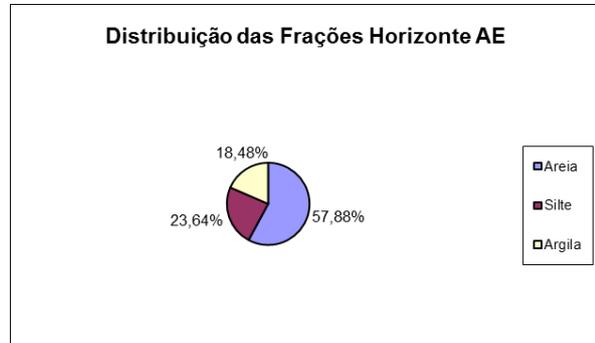
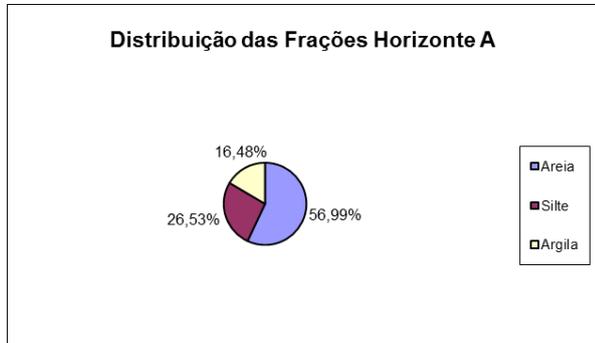
ZAPAROLI, F. C. M. **As transformações pedológicas na topossequência sítio São José na Bacia do Córrego Aratu, Florai-PR.** Maringá-PR: Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, 2009.

APÊNDICES

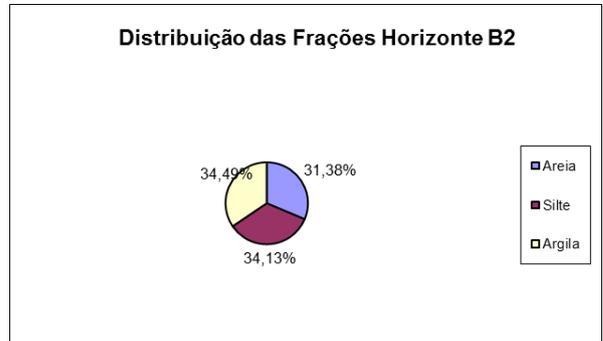
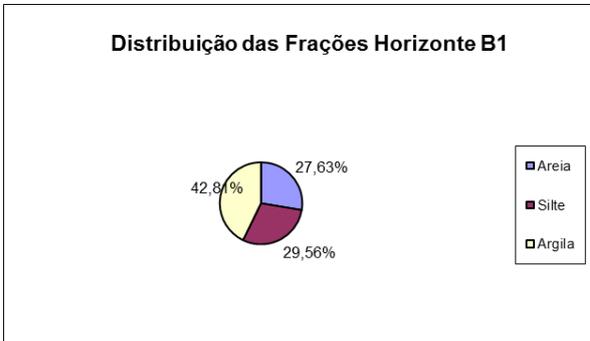
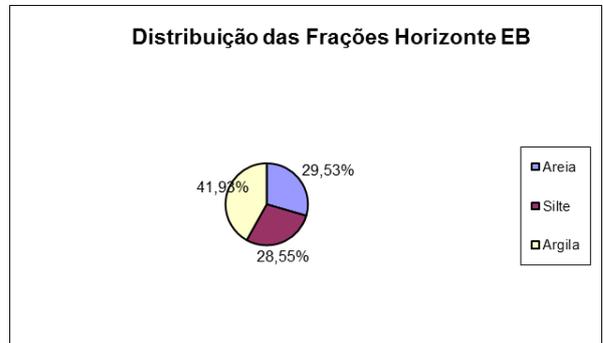
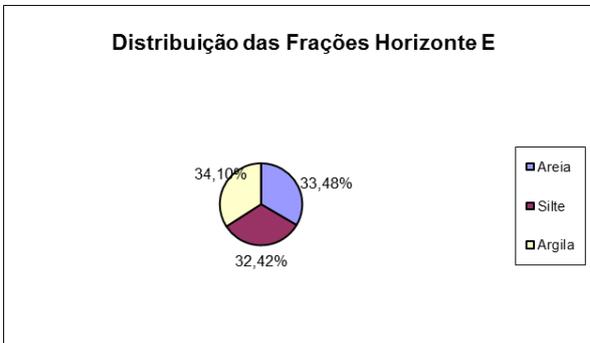
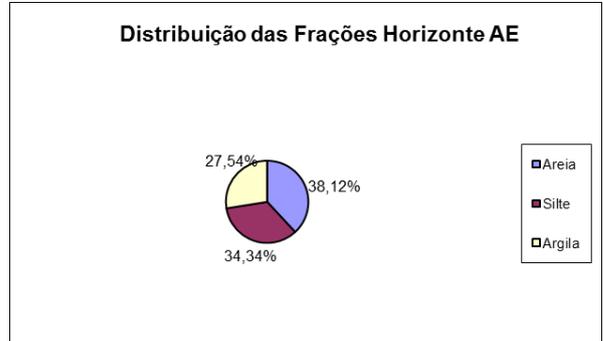
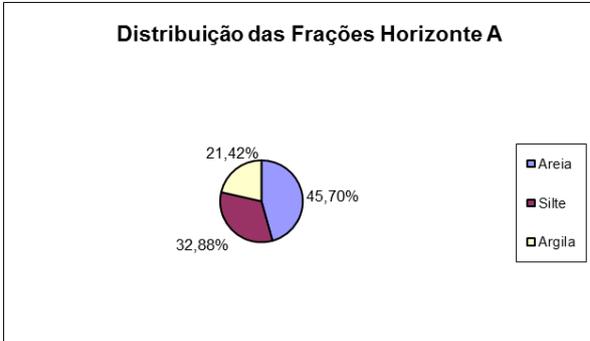
APÊNDICE A – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 1



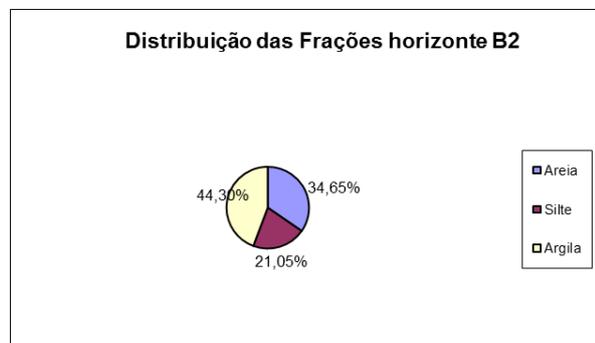
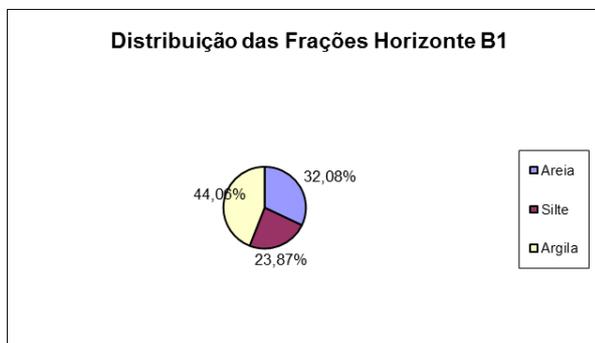
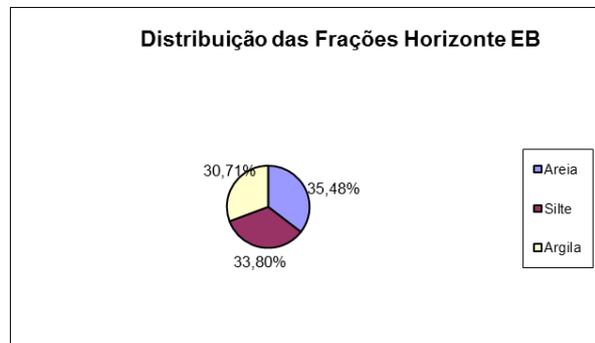
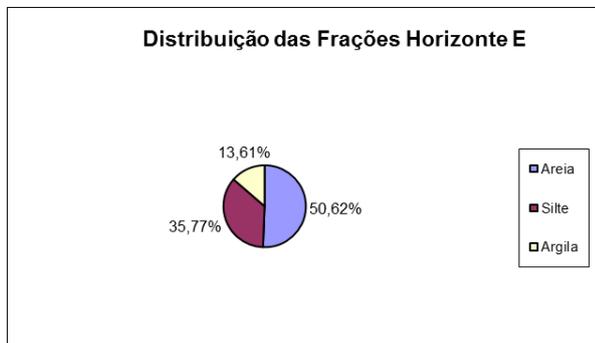
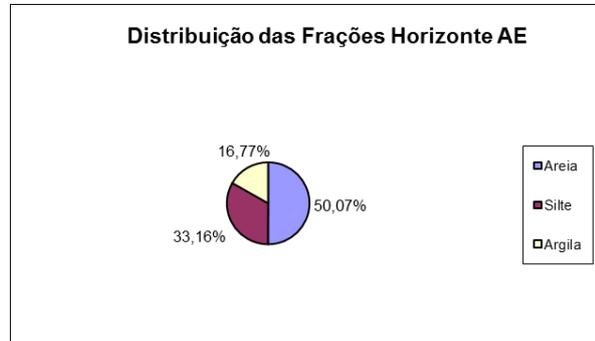
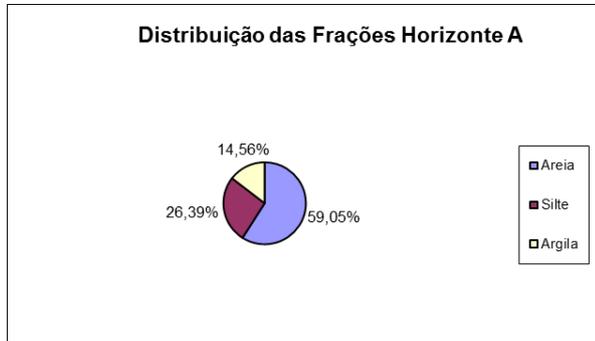
APÊNDICE B – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 2



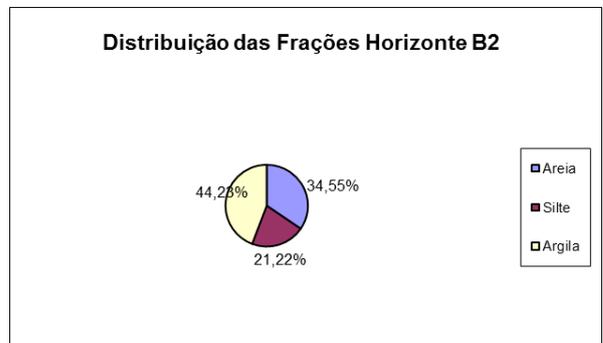
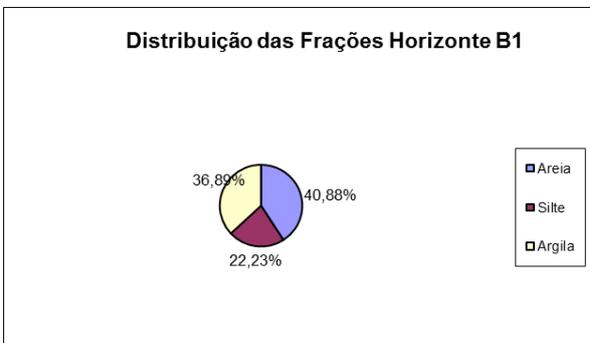
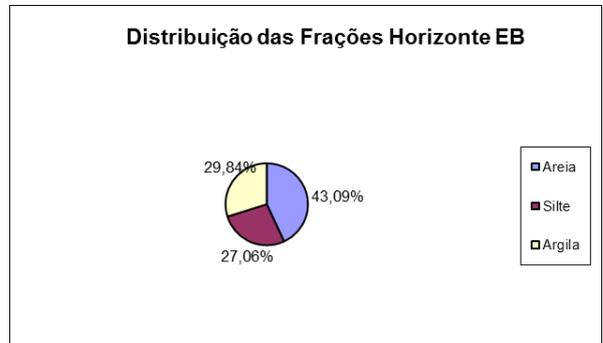
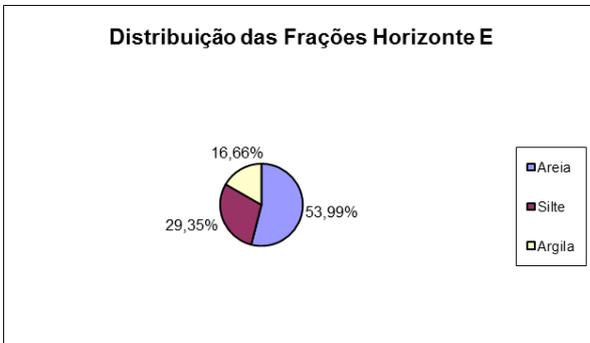
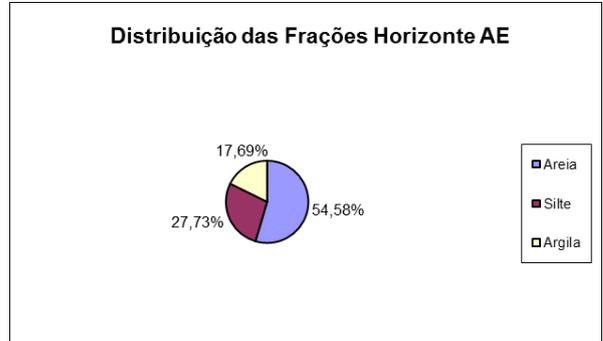
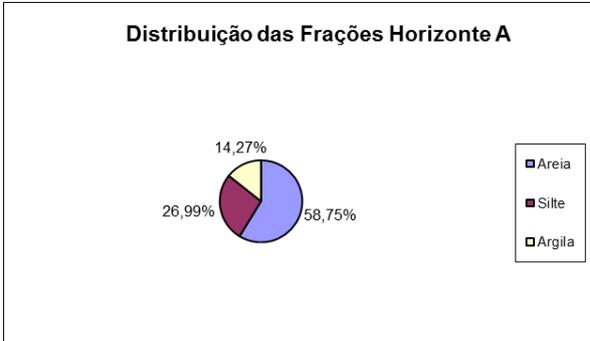
APÊNDICE C – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 3



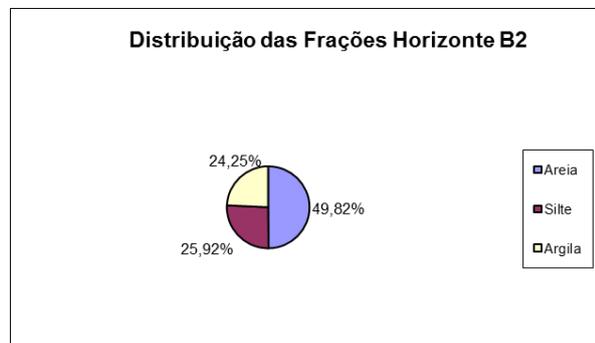
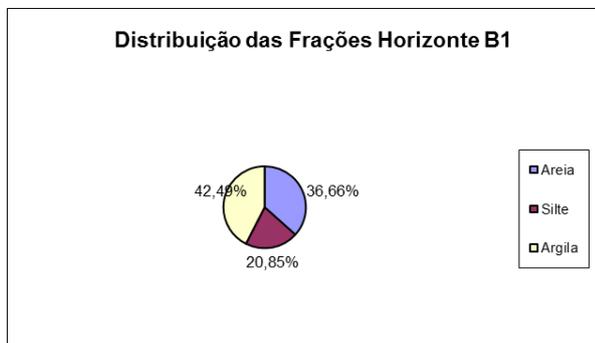
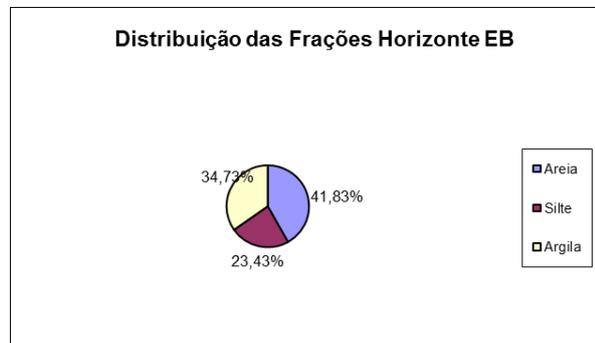
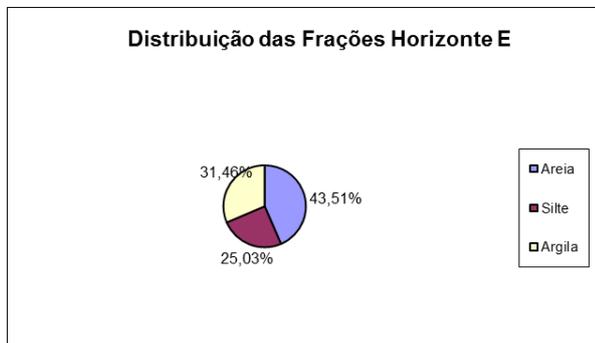
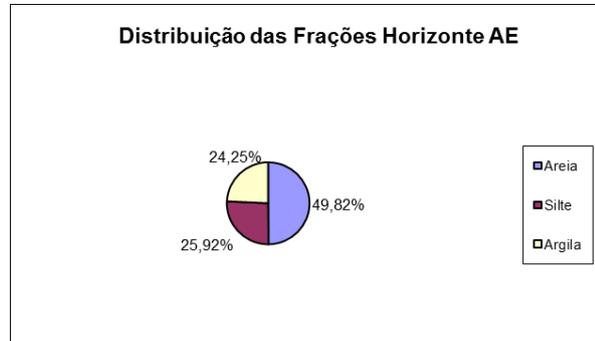
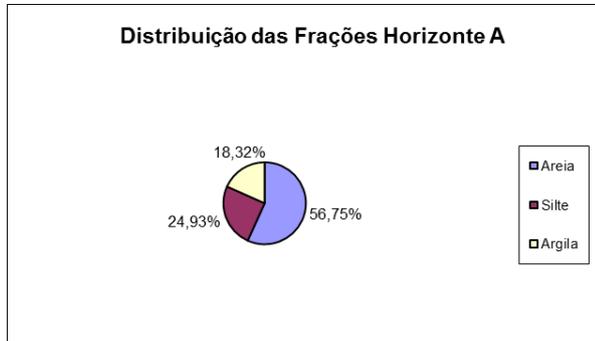
APÊNDICE D – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 4



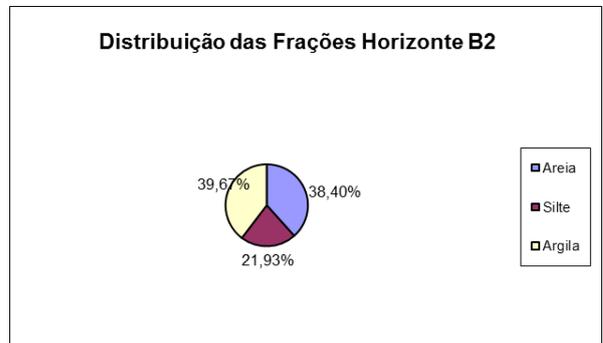
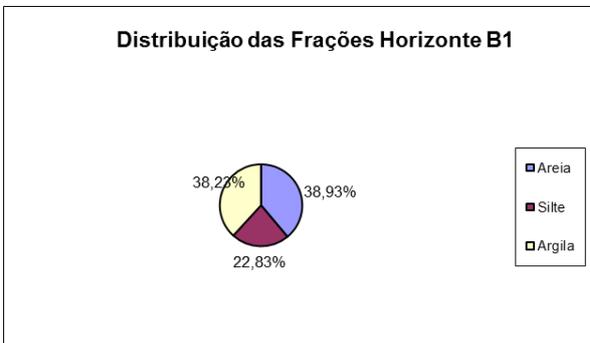
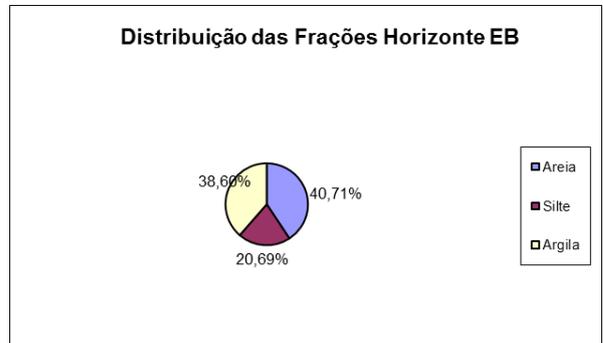
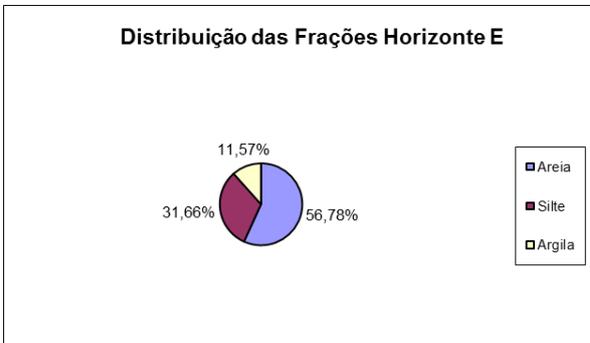
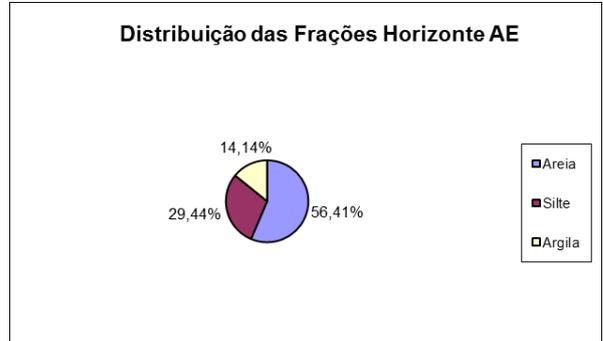
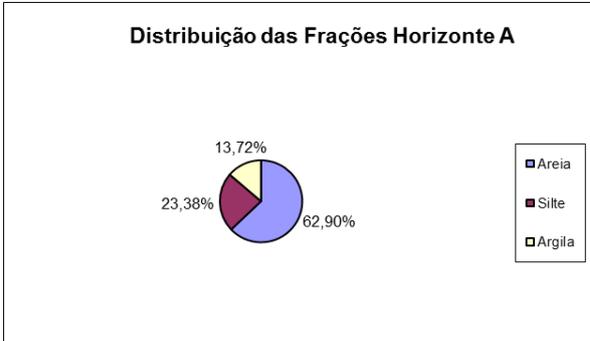
APÊNDICE E – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 5



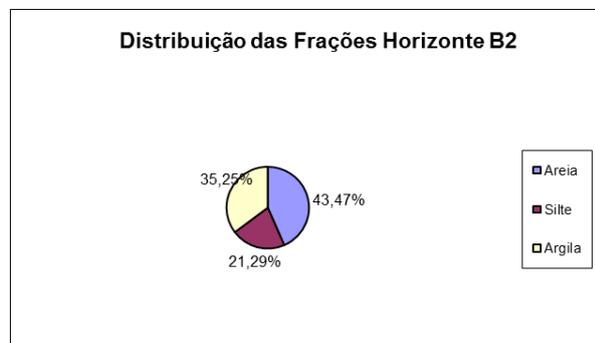
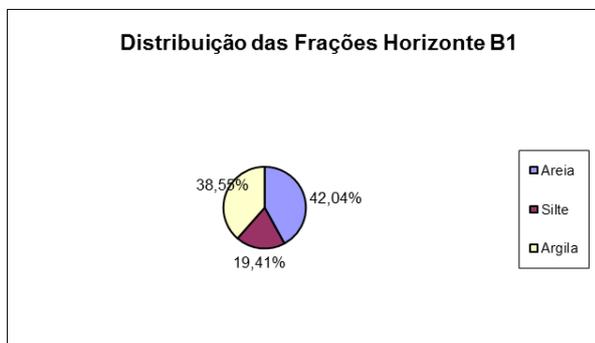
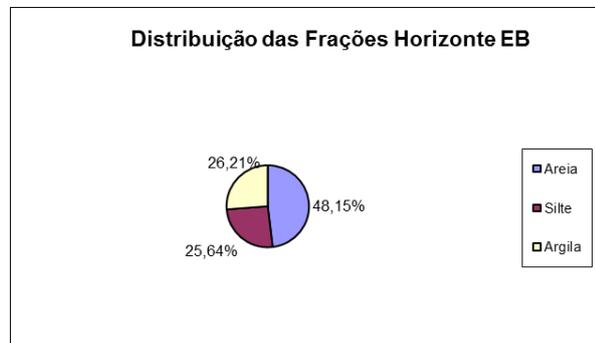
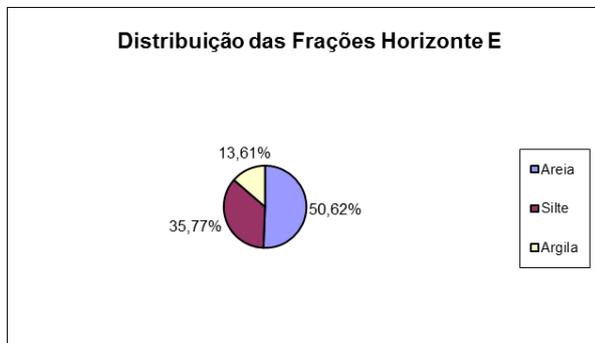
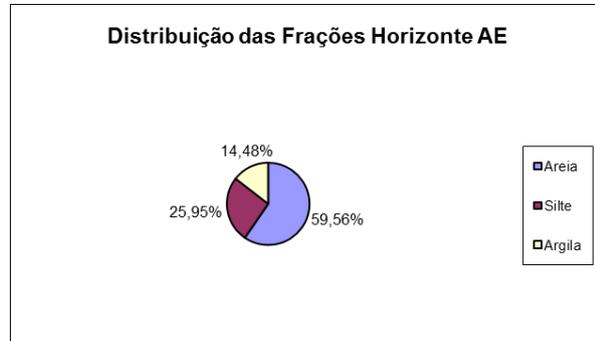
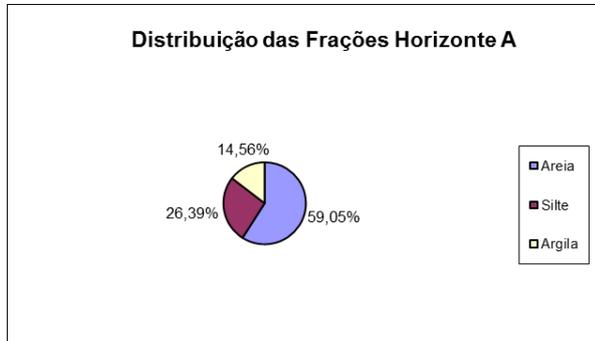
APÊNDICE F – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 6



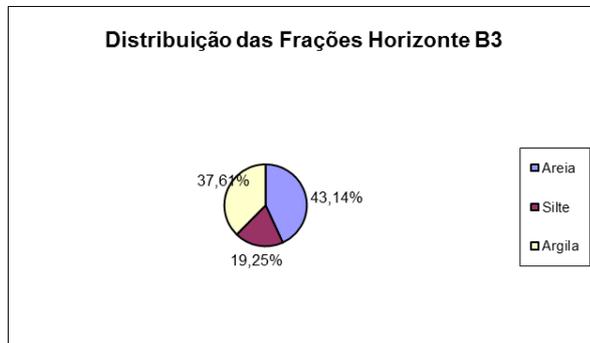
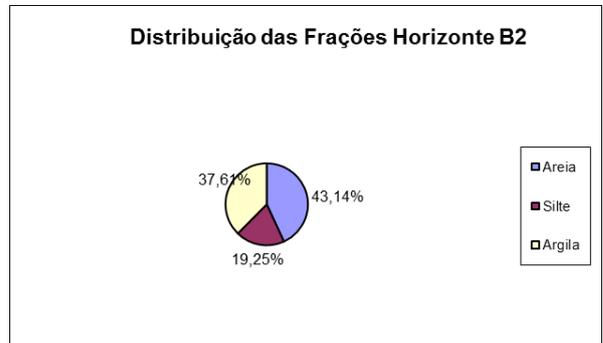
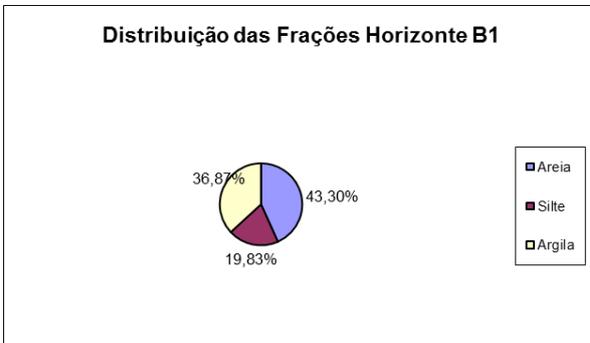
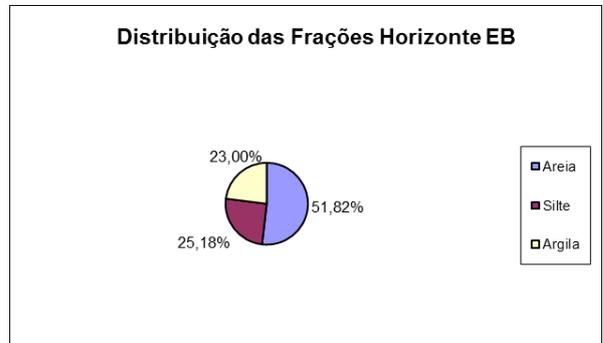
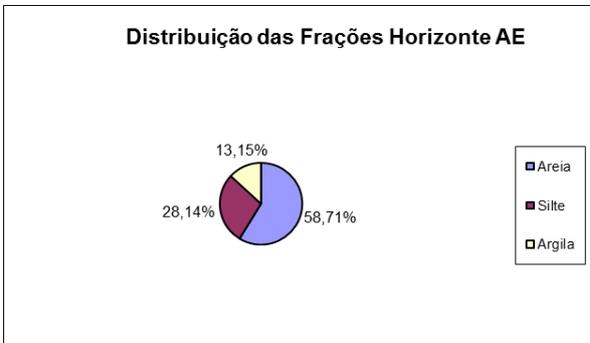
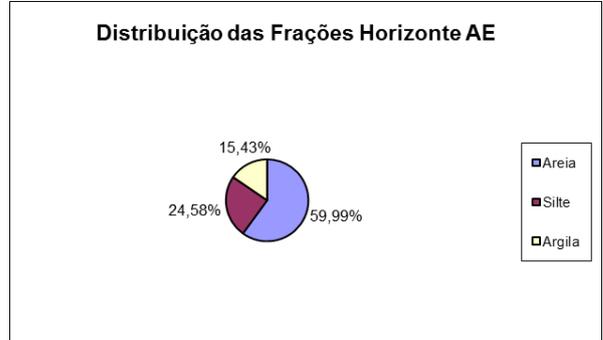
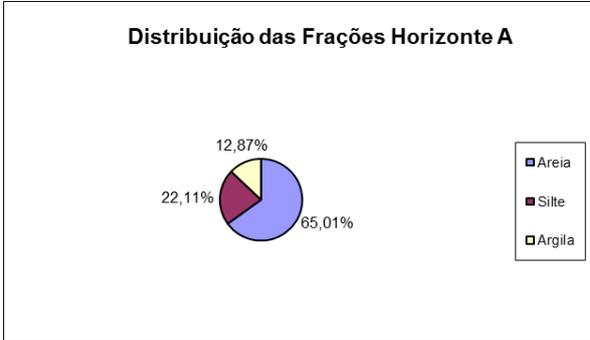
APÊNDICE G – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 7



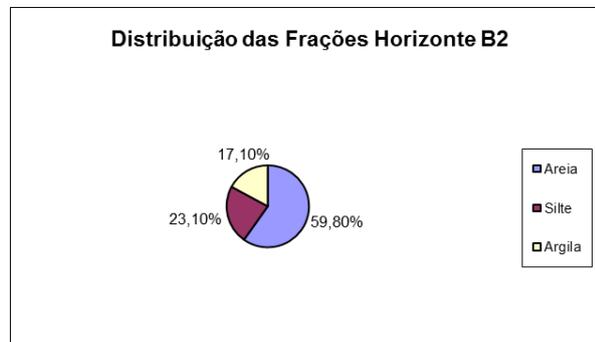
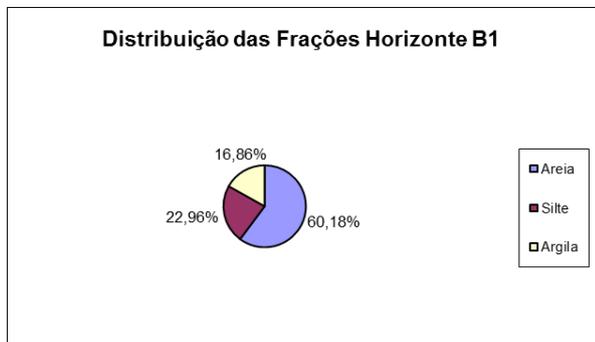
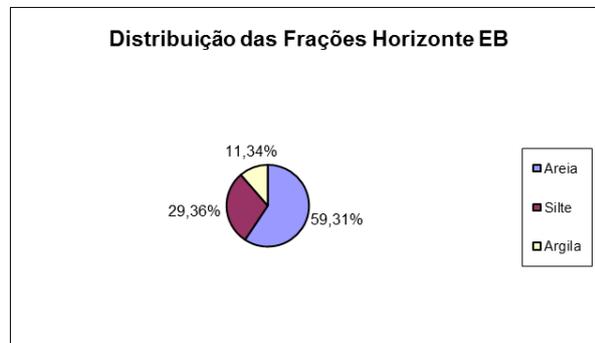
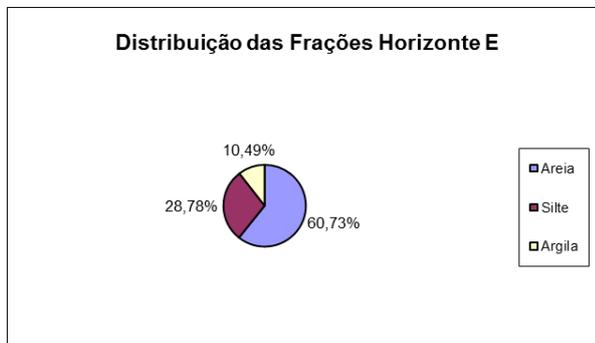
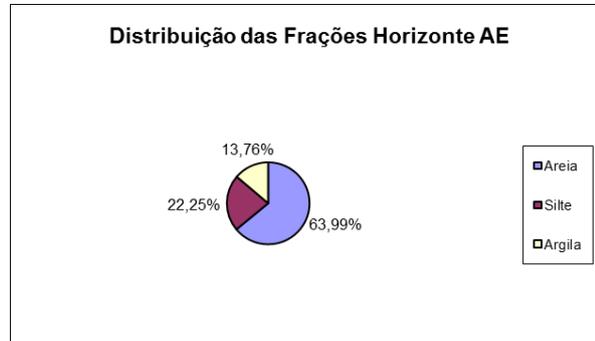
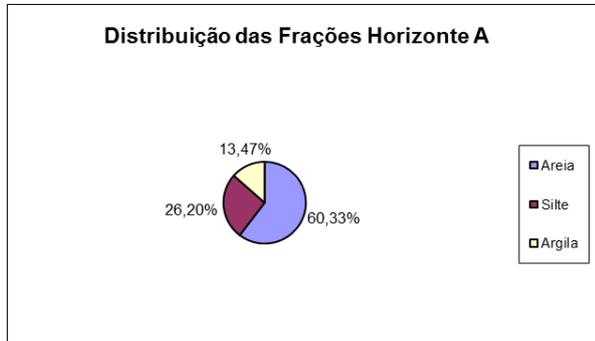
APÊNDICE H – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 8



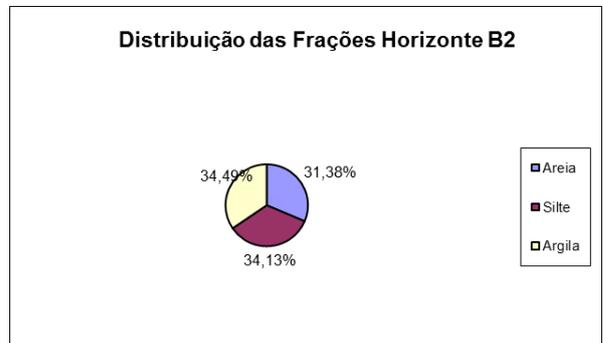
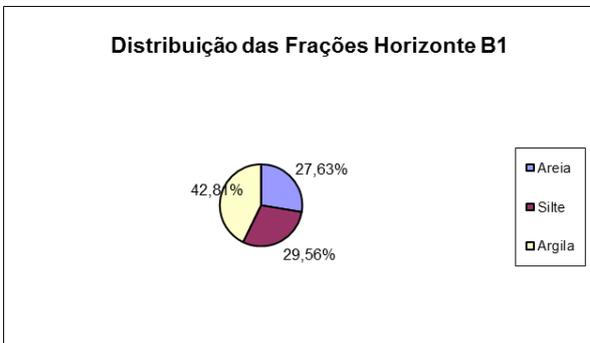
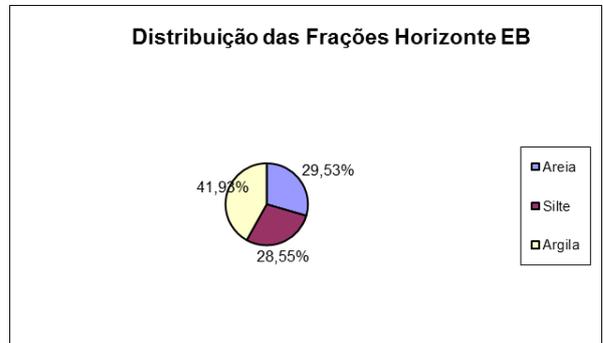
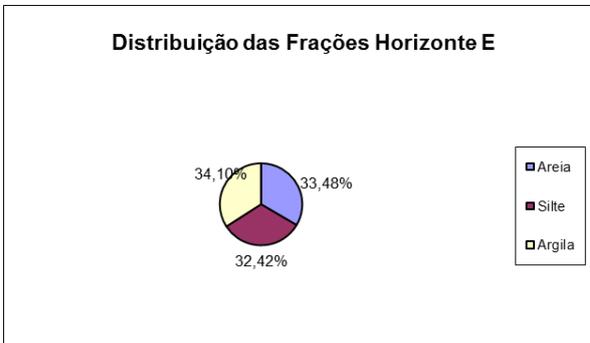
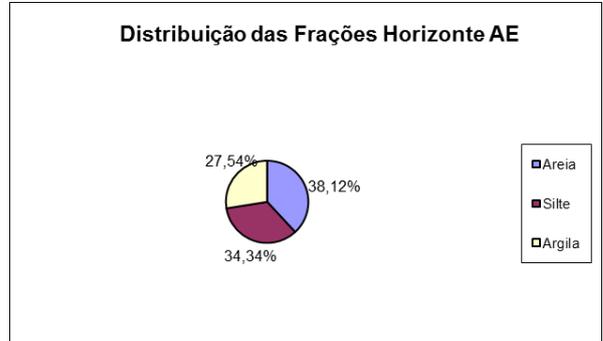
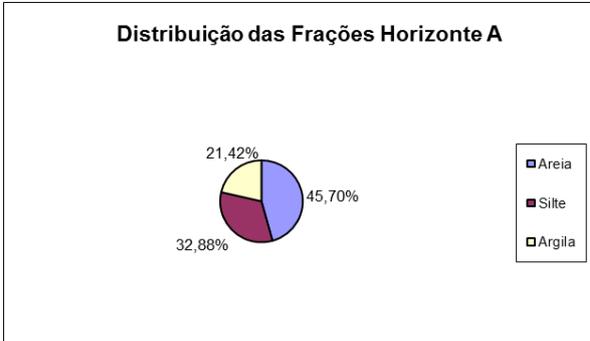
APÊNDICE I – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 9



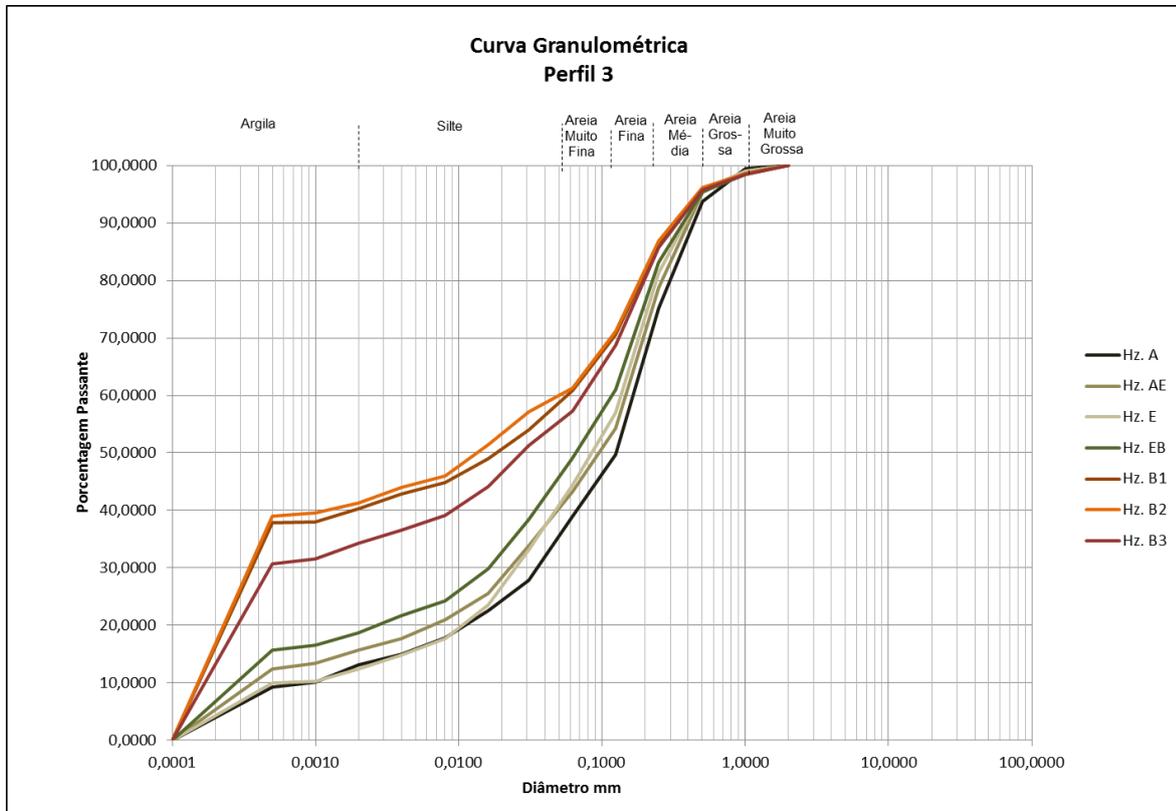
APÊNDICE J – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 10



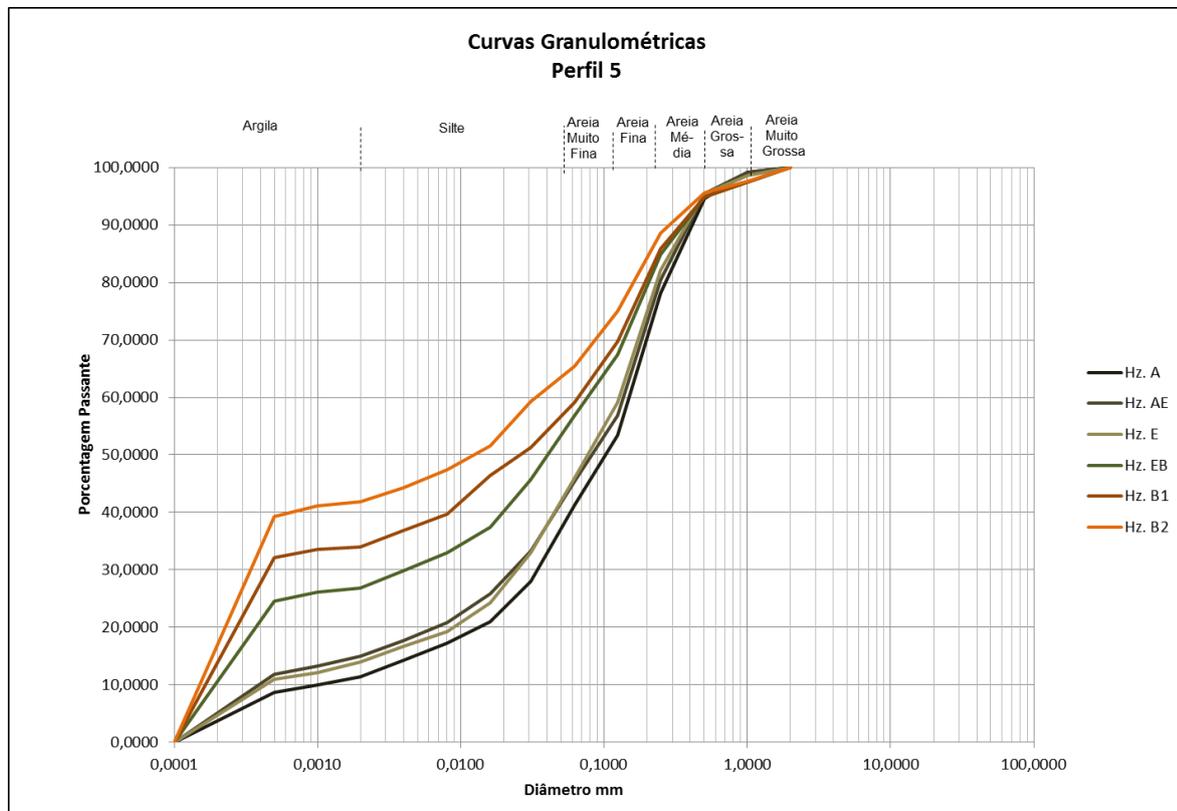
APÊNDICE K – GRÁFICOS DOS VALORES PERCENTUAIS DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS OBTIDOS PARA OS HORIZONTES DO PERFIL 11



APÊNDICE N – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 3



APÊNDICE P – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 5



APÊNDICE S – CURVAS GRANULOMÉTRICAS DO PERFIL 8

