

**FRANCIELLI GEREMIA**

**COMPREENSÃO DA EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS DO MÉDIO  
VALE DO RIO MARREAS (PLANALTO BASÁLTICO - SW PR)  
ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS DE COLÚVIO**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**DEZEMBRO, 2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIOESTE - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- PPGG**

**FRANCIELLI GEREMIA**

**COMPREENSÃO DA EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS DO MÉDIO VALE DO RIO  
MARRECAS (PLANALTO BASÁLTICO - SW PR) ATRAVÉS DA  
CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS DE COLÚVIO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia, área de concentração Produção do Espaço e Meio Ambiente do Centro de Ciências Humanas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio César Paisani

**FRANCISCO BELTRÃO**  
**DEZEMBRO, 2009**

**UNIOESTE - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- NÍVEL DE MESTRADO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**COMPREENSÃO DA EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS DO MÉDIO VALE DO RIO  
MARRECAS (PLANALTO BASÁLTICO - SW PR) ATRAVÉS DA  
CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS DE COLÚVIO**

Autora: Francielli Geremia  
Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Paisani

Este exemplar corresponde à redação final da  
Dissertação defendida por Francielli Geremia e  
aprovada pela comissão julgadora.

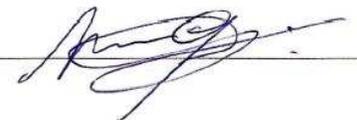
Data: 18 / 12 / 2009

Assinatura:

  
\_\_\_\_\_

Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

**FRANCISCO BELTRÃO  
DEZEMBRO, 2009**

Geremia, Francieli

G367 Compreensão da evolução das encostas do médio vale do Rio Marrecas (planalto basáltico - SW PR) através da caracterização de depósitos de colúvio. / Francieli Geremia. – Francisco Beltrão, 2009.

78 f.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Paisani.  
Dissertação(Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão.

1. Planalto Basáltico – Sudoeste do Paraná. 2. Rio Marrecas – Francisco Beltrão - Paraná. 3. Colúvio - Depósito. 4. Morro do Calvário – Francisco Beltrão - Paraná. I. Paisani, Julio Cesar. II. Título.

CDD – 551.4

551.41

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da  
Unioeste (Sandra Regina Mendonça CRB – 9/1090)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus.

Agradeço também a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração desta pesquisa, principalmente: ao Professor Dr. Julio Cesar Paisani, que esteve sempre me conduzindo, ensinando, orientando, nas pesquisas, sendo sempre paciente.

A banca examinadora que contou com a presença dos professores: Dra. Marga Eliz Pontelli e Dr. Mauricio Camargo Filho.

A empresa LCS- Topografia, Cartografia e Geodésia, na qual sou responsável técnica, pelos dias que fiquei ausente.

A minha família e ao meu noivo Elton Carniel pela compreensão.

Ao Programa de Pós Graduação da UNIOESTE pelos recursos financeiros.

## RESUMO

O objeto de estudo deste trabalho é compreender a evolução das encostas do médio vale do Rio Marrecas, estabelecida em rochas basálticas, localizada no sudoeste do Paraná, através da caracterização de dois depósitos de colúvio. Os depósitos de colúvios são estabelecidos em encostas do sítio urbano do município de Francisco Beltrão, uma localizada no Morro do Calvário e outra em morro do bairro São Cristóvão. Foram realizadas descrições de seções estratigráficas e análises granulometria, mineralogia da fração argila e micromorfológica (microfábrica). Na seção do morro do bairro São Cristóvão foram identificadas três unidades colúvias: i) unidade I, localizada na base da seção, lama cascalhenta maciça; ii) unidade II, cascalho lamoso maciço e iii) unidade III lama cascalhenta maciça. Já na seção do Morro do Calvário identificou-se quatro unidades colúvias: i) unidade I, cascalho lamoso com matriz suportada e estrutura maciça; ii) unidade II, lama cascalhenta com estrutura maciça; iii) unidade III, cascalho lamoso com clastos suportados maciça; e iv) unidade IV, semelhante a unidade II. Sugere-se que as unidades colúvias foram geradas por movimentos de massa do tipo deslizamentos/escorregamentos, com fluxos de alta concentração de água e sedimentos. Foi individualizado dois tipos de movimento de massa: a) fluxo de terra para as unidades I e III da seção São Cristóvão e as unidades II e IV da seção Morro do Calvário; e b) fluxo de detritos para a unidade II da seção São Cristóvão e unidade I da seção Morro do Calvário. A análise da microfábrica/micromorfológica das unidades colúvias exibiu predominantemente matriz porfírica com microestrutura em rachaduras e, localmente, em blocos. Sugere-se que a encosta do bairro São Cristóvão, foi exposta, durante um tempo significativo, ao intemperismo fazendo com que o perfil de solo laterítico (ferruginoso ou fersialítico) se desenvolvesse. Na encosta do Morro do Calvário a cobertura superficial é mais rasa, devido a maior frequência de ação do escoamento superficial antes dos movimentos de massa. Ambos os depósitos colúvio das encostas estudadas registram o predomínio de eventos de morfogênese nos últimos estágios evolutivos, promovendo assim, o recuo das encostas em decorrência de eventos pluviométricos excepcionais. O estudo dos fenômenos evolutivos em duas encostas do médio vale do Rio Marrecas, sugerem que a morfogênese atuou em escala do médio vale do Rio Marrecas, sendo os últimos eventos associados a expansão do vale e recuo das encostas. Resta saber se outras encostas também passaram por instabilidade ambiental e apresentam formações superficiais correlacionáveis as encostas estudadas

Palavras chave: depósito de colúvio, evolução de encosta, Médio Vale do Rio Marrecas, Planalto Basáltico

## ABSTRACT

### ABSTRACT

The object of this research is to understand the evolution of the slopes of the middle valley of Marrecas River, established in basaltic rocks, located in southwestern of Paraná state, through the characterization of two colluvial deposits. Colluvium deposits are set on the slopes of the urban area in Francisco Beltrão, one of them located in the Hill of Calvary and the other one in the hill of São Cristóvão district. Descriptions were carried out of stratigraphic sections and analysis of granulometry, mineralogy of fractionated clay and micromorphological (micro factory). In the neighborhood of São Cristóvão three colluvial units were identified: i) Unit I, located at the base of the section, massive crushed rock mud ii) Unit II, massive muddy gravel and iii) Unit III massive crushed rock mud. On the other hand, on the section of the Hill of Calvary four colluvial units were identified: i) Unit I, muddy gravel with supported matrix and massive structure and ii) Unit II, muddy gravel with massive structure, iii) Unit III, muddy gravel with massive clasts supported and iv) unit IV, similar to Unit II. It is suggested that the colluvial units were generated by movements of mass like landslides / slips, with flows of high concentration of water and sediment. Two types of mass movements were individualized: a) the flow of land for units I and III of the section São Cristóvão and units II and IV of the section Hill of Calvary, and b) flow of debris for unit II of Sao Cristóvão section and unit I of the Hill of Calvary. The analysis of the micro factory / micromorphology of the colluvial units exhibited predominantly porphyritic matrix with microstructure on cracks and locally in blocks. It is suggested that the slope of the neighborhood of São Cristóvão, it was exposed for a significant time, the weathering causing the lateritic soil profile (ferruginous or fersialítico) to develop. On the slope of the Hill of Calvary the superficial surface is shallower due to the higher frequency of action of the superficial runoff before the mass movements. Both the colluvial deposits of the slopes studied record the prevalence of events of morphogenesis in the last stages of evolution, thus promoting the retreat of the slopes due to exceptional rainfall events. The study of evolutionary phenomena in two slopes of the middle valley of Marrecas River suggests that the morphogenesis appeared in the scale of the middle valley of Marrecas River, being the last events associated with the expansion of valleys and retreat of slopes. The question is whether other slopes had also experienced the environmental instability and presented superficial formation correlated to the slopes studied.

Keywords: colluvial deposit, evolution of slope, Middle Valley of Marrecas River, Basaltic Plateau

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
	<b>LISTA DE FOTOS</b>	xiii
1	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	3
2.1	<b>COLÚVIO</b>	3
2.1.1	<b>Conceito de Colúvio</b>	3
2.1.2	<b>Processos de Coluvionamento</b>	5
2.1.2.1	<b>Movimentos de Massa</b>	5
2.1.2.2	<b>Análise de Fácies: Recurso Metodológico na Caracterização dos Processos de Coluvionamento</b>	11
2.1.2.3	<b>Escoamento Superficial</b>	12
2.1.2.4	<b>Área Fonte dos Depósitos de Colúvio</b>	14
2.1.3	<b>Significado Paleoambiental dos Colúvios</b>	16
2.1.3.1	<b>Breves Considerações</b>	16
2.1.3.2	<b>Colúvios Sobre Linhas de Pedras</b>	19
3	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	22
3.1	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>	22
3.2	<b>ASPÉCTOS LOCAIS</b>	26
4	<b>METODOLOGIA</b>	29
4.1	<b>DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA</b>	29
4.2	<b>DETERMINAÇÕES LABORATORIAIS</b>	30
4.2.1	<b>Granulometria</b>	30
4.2.2	<b>Mineralogia da Fração Argila</b>	31
4.2.3	<b>Descrição Micromorfológica/microfábrica</b>	32
5	<b>RESULTADOS</b>	33
5.1	<b>CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS</b>	33
5.1.1	<b>Seção Estratigráfica em Encosta do Morro do Calvário</b>	33
5.1.2	<b>Seção Estratigráfica em Encosta do Bairro São Cristóvão</b>	34
5.2	<b>DETERMINAÇÕES LABORATORIAIS</b>	37
5.2.1	<b>Textura/Estrutura</b>	37
5.2.2	<b>Mineralogia da Fração Argila</b>	42
5.2.3	<b>Descrição Micromorfológica/microfábrica</b>	47
5.2.3.1	<b>Seção São Cristóvão</b>	48
5.2.3.1.1	<b>Unidade I</b>	48
5.2.3.1.2	<b>Unidade II</b>	50
5.2.3.1.3	<b>Unidade III</b>	51
5.2.3.2	<b>Seção Morro do Calvário</b>	54
5.2.3.2.1	<b>Unidade II</b>	54
6	<b>DISCUSSÃO E INFERÊNCIAS</b>	57
6.1	<b>COBERTURA PEDOLÓGICA FONTE DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIO</b>	57
6.2	<b>PROCESSOS DEPOSICIONAIS</b>	58
6.3	<b>EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS</b>	60
7	<b>CONCLUSÃO</b>	64



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Colúvio oriundo de processos gerados em encosta (a), coluvionamento gerado no sopé de escarpa (b) e colúvio formado no sopé de montanhas na forma de cone de detritos (c).	4
Figura 02	Movimento de massa lento. Rastejamento do solo.	6
Figura 03	Movimentos de massa rápidos. A: Deslizamentos ou escorregamentos; B: Fluxos e C: Queda de blocos.	7
Figura 04	Perfil laterítico típico (BOCQUIER <i>et al.</i> , 1984, <i>apud</i> TARDY 1992).	16
Figura 05	O recuo lateral das encostas ao longo de variações climáticas. (BIGARELLA & BECKER, 1975 <i>apud</i> PASSOS & BIGARELLA, 2001).	17
Figura 06	Formações superficiais de uma encosta ideal. (Fonte, BIGARELLA, <i>et al.</i> , 1994).	18
Figura 07	Localização das duas encostas estudadas no sítio urbano de Francisco Beltrão, situado no médio vale do Rio Marrecas (Adaptado de PAISANI, 2006).	22
Figura 08	Perfil de encosta do Morro do Calvário localizando a seção estratigráfica 01 (Adaptado de PAISANI, 2006).	26
Figura 09	Perfil de encosta no bairro São Cristóvão localizando a seção estratigráfica 02.	27
Figura 10	Limite do sítio urbano de Francisco Beltrão, com divisão dos bairros e sistema de drenagem principal, com localização dos perfis das encostas estudadas.	28
Figura 11	Seção estratigráfica da encosta do Morro do Calvário (Adaptado de BIRAL, 2005).	33
Figura 12	Seção estratigráfica da encosta no Bairro São Cristóvão, Francisco Beltrão.	35
Figura 13	Detalhe da Unidade I da Seção estratigráfica da encosta no Bairro São Cristóvão, Francisco Beltrão.	35
Figura 14	Estratotipo da seção São Cristóvão. 1- lama cascalhenta. 2 – cascalho lamoso com matriz suportada. 3 – estrutura maciça. 4 – limite abrupto. 5 – limite erosivo. 6 – amostragem.	38

Figura 15	Estratotipo da seção Morro do Calvário. 1- lama cascalhenta. 2 – cascalho lamoso com matriz suportada. 3 – cascalho lamoso com clástos suportados. 4 – estrutura maciça. 5 – limite abrupto. 6 – limite erosivo. 7 – amostragem.	39
Figura 16	Diagrama Triangular de SHEPARD. SC – Seção São Cristóvão. MC - Seção Morro do Calvário.	40
Figura 17	Diagrama Triangular de FLEMMING. SC – Seção São Cristóvão. MC - Seção Morro do Calvário.	40
Figura 18	Difratograma de Raio X da Fração Argila da encosta do bairro São Cristóvão.	43
Figura 19	Difratograma de Raio X da Fração Argila da encosta do Morro do Calvário.	44
Figura 20	Imagens da lâmina SC-01 referente a unidade I da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação (Fi) e acumulação (seta); B: Feições de impregnação (Fi), hipocutã (seta branca) e cutã de acumulação (seta preta); C: Pedofeição – fragmento de horizonte pedológico incorporado na matriz da unidade coluvial e D: Nódulo (N) e alterorelíquia (A).	49
Figura 21	Imagens da lâmina SC-02 referente a unidade I da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação gerando hipocutã de impregnação (Hpi); B: Feições de impregnação (seta) e alterorelíquia (A); C: Alterorelíquia no centro da imagem (A) e D: Pedotubulo preenchido.	50
Figura 22	Imagens da lâmina SC-08 referente a unidade II da seção São Cristóvão. A: Feições de depleção (seta); B: Nódulo no centro da imagem (N); C: Alterorelíquia (A) e cutã de acumulação (seta) e D: Pedorelíquia herdada (P).	51
Figura 23	Imagens da lâmina SC-07 referente a unidade III da seção São Cristóvão. A: Poro Fissural (V) e cutã de acumulação (seta); B: Matriz com concentração de minerais; C: Nódulo (N) e feições de impregnação (seta) e D: Nódulo (N) e mineral anisotrópico, talvez feldspato.	52
Figura 24	Imagens da lâmina SC-09 referente a unidade III da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação (seta); B: Nódulo herdado (Ne), poro fissural (V) e feições de depleção gerando hipocutã e cutã de acumulação (seta); C: Matriz com presença de minerais anisotrópicos e D: Mineral primário.	53
Figura 25	Imagens da lâmina FB-01 referente a unidade II do Morro do Calvário. A: Porosidade gerada pela bioturbação e esqueleto; B: Nódulo (N) e poros (V); C: Nódulo (N) e D: Pedorelíquia Herdada.	55

Figura 26 Modelo hipotético indutivo a respeito da evolução das encostas dos morros dos bairros São Cristóvão e Calvário, onde: 1- basalto maciço (zona estrutural central); 2 - basalto amigdaloidal/vesicular (zona estrutural de topo); 3 - alterita (horizonte C e C/R); 4 - cobertura pedológica (Horizontes, Ap, B, B/C); 5 - depósitos de colúvio e 6 – rio. 62

## **LISTA DE FOTOS**

Foto 01      Seção estratigráfica da encosta do Morro do Calvário (Foto Biral, 2005)      35

## 1 INTRODUÇÃO

As formas de relevo presentes na paisagem foram elaboradas, “esculpidas”, na escala de tempo geológico recente (Cenozóico) e são o resultado da sucessão de estágios evolutivos estabelecidos. Essa esculturação resulta da ação de processos relacionados ao intemperismo e a morfogênese (PEUVAST & SALLES, 2001), cujo grau de atuação varia de lugar para lugar em função das características geográficas, sobretudo climáticas e geológicas. No caso das áreas subtropicais, em específico do interior do Estado do Paraná, estudos relacionados a evolução das encostas no Segundo Planalto Paranaense, têm revelado ciclos de morfogênese e pedogênese registrados na forma de depósitos coluviais, colúvio-aluviais e paleossolos enterrados (PAISANI & OLIVEIRA, 1998; CAMARGO FILHO, 2005; CAMARGO, 2005). Essas informações são importantes, pois permitem indicar a sequência dos processos evolutivos das encostas.

O grupo de pesquisa Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais, vem se interessando por essa temática, sobretudo para compreender quais desses processos se destacaram na evolução da paisagem do Planalto Basáltico na região sudoeste do Paraná e noroeste de Santa Catarina. Até o momento, estudos na escala regional revelaram que a paisagem exhibe 08 níveis remanescentes de superfícies incompletamente aplainadas, cuja evolução está relacionada ao balanço morfogênese versus pedogênese, com destaque para a última (PAISANI *et al.*, 2008a).

Essas informações são importantes, deixando em aberto questões pertinentes a escalas de análise maiores, como a evolução das encostas. Não se sabe se as encostas dessa região teriam sua evolução comandada, prioritariamente, pelos processos pedogenéticos ou pelos processos morfogenéticos. Somente estudos de detalhe a respeito da gênese das

formações superficiais encontradas no ambiente de encosta podem ajudar a responder tal questão. Membros do grupo de pesquisa vêm desenvolvendo trabalhos de caracterização de formações superficiais tendo como hipótese de análise a idéia de rebaixamento dos topos planos das encostas por processos pedogeoquímicos. Até o momento pouco se sabe a respeito do recuo das encostas, se associadas a tais processos ou a processos morfogenéticos. Registros de formações superficiais que apontem a ação da morfogênese na evolução das encostas são escassos. Em escala regional é mais provável de ocorrerem na Superfície de Cimeira, Superfície I, mapeada por Paisani *et al.* (2008a).

É possível que encostas estabelecidas em superfícies aplainadas em elaboração, ombreiras dos atuais sistemas de drenagem da região, tenham estágios evolutivos associados a processos morfogenéticos. De fato, em duas encostas do médio vale do rio Marrecas identificou-se depósitos de colúvio que, à primeira vista, poderiam trazer informações a respeito da evolução das encostas, mesmo que em escala local. Neste contexto, o presente trabalho de pesquisa teve por objetivo geral levantar a evolução de duas encostas no médio vale do Rio Marrecas, localizadas no perímetro urbano de Francisco Beltrão, sudoeste do Paraná, onde previamente havia se observado depósitos de colúvio. Em sentido amplo, espera-se com os resultados dessa pesquisa contribuir para a caracterização de depósitos de colúvio, fácies proximal, derivados da remobilização de coberturas pedológicas lateríticas, bem como para compreender a evolução das encostas do médio Vale do Rio Marrecas.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 COLÚVIO**

#### **2.1.1. Conceito de Colúvio**

Devido a multiplicidade de autores e ramos da ciência que pesquisam sobre o termo colúvio não se têm um consenso geral sobre seu significado. Dentre as definições sucintas e mais completas tem-se a de Nemec & Kazanci (1999), na qual o colúvio é um material típico de escoamento, geralmente constituído por material grosseiro e mal selecionado, depositado em áreas baixas, sopé de encostas, podendo ocorrer também em áreas de relevo escarpado.

Além das diferenças de utilização do termo colúvio entre os pesquisadores, ocorre também uma variedade de concepções na literatura de diferentes países. Nos trabalhos dos cientistas ingleses o colúvio possui amplo significado, sendo formado por diversos processos que ocorrem em ambientes montanhosos, escarpados e de encostas. French (1992 *apud* LEOPOLD & VÖLKEL, 2007), definiu colúvio como “material solto, não estratificado, pobremente selecionado, apresentando uma heterogeneidade de tamanho de grãos, sendo encontrados na base das encostas”.

Já na literatura alemã o significado do termo colúvio é traduzido como “sedimentos das encostas” (LEOPOLD & VÖLKEL, 2007). De acordo com Starkel (1987 *apud* LEOPOLD & VÖLKEL, 2007), os depósitos de encosta são rigorosamente divididos pelos processos de formação, que podem ser pelas chuvas torrenciais, depósitos glaciais e periglaciais, queda de blocos, processos eólicos entre outros. Três fatores diferentes podem dar origem aos processos de formação do colúvio: vento, água ou gravidade.

Os depósitos de colúvio estão associados, mais frequentemente a áreas fonte de sedimentos de relevo mais alto e tem sido reconhecidos pelos geomorfólogos como um importante produto dos processos de perda de massa das encostas, incluindo as avalanches que ocorrem nas montanhas. Blikra & Nemeč (1998) afirmam que a maioria dos autores definem o colúvio como depósito de material tipicamente grosseiro e mal selecionado. Esses depósitos podem ocorrer nas partes inferiores de encosta, feições escarpadas e montanhas (Figura 01), sendo oriundo de processos gravitacionais. Porém, segundo Thomas (1994), o termo colúvio é impreciso, podendo ora ser referido ao material e ora ao processo de sua formação.

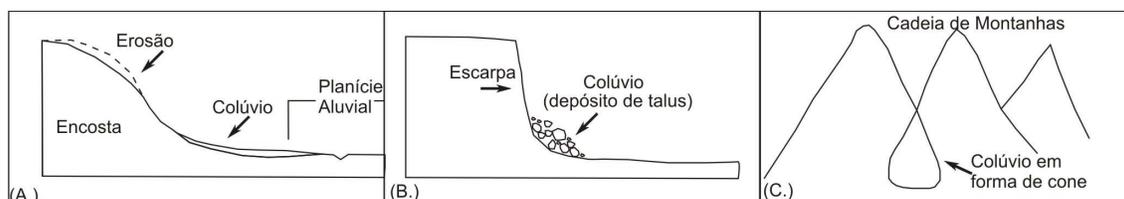


Figura 01: Colúvio oriundo de processos gerados em encosta (a), coluvionamento gerado no sopé de escarpa (b) e colúvio formado no sopé de montanhas na forma de cone de detritos (c).

Na literatura geomorfológica o termo colúvio é também referido como *talus*, *scree*, *debris slope*, *slope-wast deposits* e *hillslope deposits*. Segundo alguns autores as camadas estratificadas de colúvio, por vezes são chamadas de depósitos estratificados de encosta ou fácies coluvial (BIGARELLA *et al.*, 1965; BLIKRA & NEMEC, 1998).

Muitos aspectos na evolução da paisagem estão ligados ao colúvio. Seu estudo e interpretação pode ser a chave para varias indagações no âmbito geomorfológico. Quanto aos tipos de processos formadores de colúvio, são citados três principais: a) a ocorrência de escoamento superficial, b) movimentos de massa do solo e c) escoamento subsuperficial.

## **2.1.2 Processos de Coluvionamento**

### **2.1.2.1 Movimentos de Massa**

Os colúvios como visto anteriormente, são oriundos de processos que ocorrem nas encostas, fazendo com que o material inconsolidado que a recobre seja transportado e depositado em áreas mais baixas, formado assim os depósitos de colúvio. A mobilização do material erodido, que recobre a encosta, deve-se à sua condição de instabilidade devido à atuação da força da gravidade. A força da gravidade tem papel fundamental no transporte de sedimentos encosta a baixo, sendo um fator determinante nos processos sedimentares, sejam subaéreos ou subaquosos. Como parte dessa dinâmica nas encostas ocorrem vários processos, dentre eles os movimentos de massa, que envolvem o desprendimento e transporte de solo e ou material rochoso vertente abaixo.

O material transportado é oriundo de processos erosivos associados ao desgaste, retirada e transporte de grãos minerais do solo, por meio de fragmentação mecânica ou decomposição química. Os movimentos de massa são considerados como principais processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre (SELBY, 1985). Sua ocorrência depende principalmente da estrutura geológica, manto de intemperismo, morfologia da encosta, precipitações e vegetação existente. Esse material deslocado vertente abaixo pode resultar em vários tipos de movimentos de massa. Segundo Bigarella *et al.* (2003), a classificação dos movimentos de massa não é fácil devido à quantidade de variáveis envolvidas. Essa variedade de movimentos ganhou várias classificações, dentre estas a classificação de Hutchinson (1968 *apud* SELBY, 1985) é a mais completa. Na classificação proposta pelo autor, é utilizado o modo de deformação como parâmetro e engloba todos os tipos de materiais envolvidos no processo. Sua classificação inclui o

rastejamento (*creep*), os escorregamentos (*landslides*) e os movimentos ligados especificamente ao congelamento e degelo da superfície (*frozen ground phenomena*).

O processo de deslocamento do material encosta a baixo, pode ocorrer em diferentes escalas e velocidades, podendo variar de movimento lento a movimentos rápidos (FERNANDES & AMARAL, 1996; SELBY, 1985).

O movimento lento é chamado de rastejamento (Figura 02). Devido à natureza de seu processo, é pouco perceptível ao olho humano. Já os movimentos rápidos são chamados de deslizamentos ou escorregamentos e têm recebido mais atenção devido à interação com as atividades antrópicas e a velocidade do movimento.

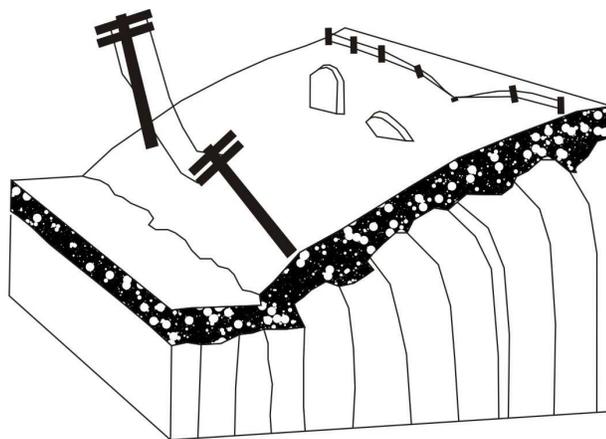


Figura 02: Movimento de massa lento. Rastejamento do solo.

O rastejamento do solo (*soil creep*), como já mencionado, é um movimento lento vertente abaixo, da superfície do solo ou detritos de rocha, sendo praticamente imperceptível, exceto por observações de longa duração. Uma característica marcante da sua atuação é a inclinação de árvores ou postes. Estudos sobre os mecanismos de rastejamento mostram que este é um movimento viscoso, que pode produzir deformações em superfícies irregulares, porém muito pequena, não sendo capaz de reesculpar a superfície (SELBY, 1982).

Esse tipo de movimento é mais significativo próximo à superfície, diminuindo com a profundidade, devido às restrições relacionadas às mudanças na temperatura e umidade, porém o rastejamento pode ocorrer em até 10 m abaixo da superfície. A direção e velocidade do movimento variam com as mudanças das propriedades do solo, tanto verticais quanto horizontais. Em um solo homogêneo processos de recobrimento horizontal, com posterior acumulação, inicialmente empurrariam partículas de solo de modo ascendente e depois seguem com movimentos paralelos encosta abaixo até o exterior da vertente. O movimento interno é interpretado como sendo causado pela perda de material intemperizado em solução com a reorganização e fixação dos restos das partículas (SELBY, 1982).

Em relação aos movimentos rápidos destacam-se deslizamentos ou escorregamentos (*slides ou slumpe*), fluxos com diferentes viscosidades (*flows*) e queda de blocos (*falls*) (SELBY, 1985) (Figura 03).

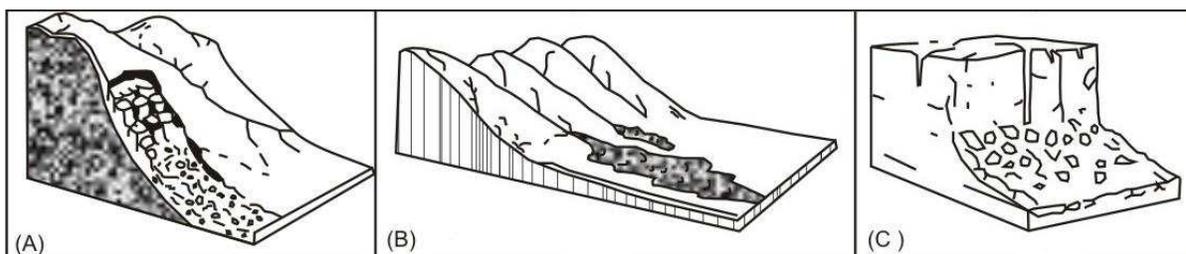


Figura 03: Movimentos de massa rápidos. A: Deslizamentos ou escorregamentos; B: Fluxos e C: Queda de blocos.

Os deslizamentos ou escorregamentos (*slides ou slumpe*) são movimentos rápidos que envolvem a participação de água, ocorrendo em relevos de elevada amplitude. Podem ser causados por chuvas abundantes, pela ação antrópica e pela redução da resistência do material devido ação desagregadora de raízes, rastejamento, textura e estrutura do material que em conjunto são favoráveis à instabilização. Esse movimento de massa transporta vertente abaixo fragmentos de rocha (*rockslide*) e solo (*landslide*). Os locais que já

apresentaram deslizamentos são áreas potenciais para a ocorrência de novos eventos (SELBY, 1982).

O processo sedimentar dos deslizamentos ou escorregamentos envolve o transporte lateral de sedimentos ao longo de um plano cisalhante sub-horizontal. Com a água agindo intensamente no sistema, ocorre um decréscimo da força cisalhante, produzindo assim fluxo de massa intenso. Com o decréscimo da força cisalhante a velocidade ganha mais rapidez, dependendo também da inclinação da encosta, da origem do movimento e da natureza do terreno (SELBY, 1982).

Os deslizamentos ou escorregamentos podem ser divididos em: planares e ou translacionais e circulares e ou rotacionais. Os deslizamentos planares ou translacionais envolvem solos mais rasos, apresentam geralmente um controle estrutural evidente. O plano de ruptura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza, tais como falhas, fraturas, camadas estratificadas ou contato entre unidades geológicas. Já os escorregamentos circulares ou rotacionais consistem na rotação de rocha ou regolito ao longo de uma superfície com topografia côncava. Esse tipo de movimento é mais frequente ocorrer em materiais não consolidados ou pouco consolidados, deixando cicatrizes arqueadas e/ou depressões na vertente envolvendo material mais espesso, como latossolos, bem desenvolvidos.

Os fluxos (*flows*) podem ser divididos em: fluxos de detritos (*debris flow*), fluxos de lama (*mudflow*), fluxos de areia, fluxos de terra (*earthflow*) e solifluxão (*solifluction*), variando entre si principalmente pelo tamanho das partículas transportadas (SELBY, 1985).

Os fluxos de detritos (*debris flow*) são designados como movimentos de massa fluída composta por fragmentos de rocha suportados por uma matriz viscosa. Podem ser definidos também como uma dispersão não newtoniano de alta concentração de sedimentos

(RUPKE in READING 1986, *apud* SELBY, 1994). Os fluxos de detritos ocorrem numa grande variedade de zonas climáticas, tanto desérticas quanto úmidas. Esse movimento remobiliza sedimentos pouco consolidados que junto com uma matriz lamosa possuem coesão. A matriz lamosa age como suporte dos clastos maiores durante o episódio de transporte e deposição, são geralmente muito rápidos e difícil de serem contidos quando se deslocam encosta abaixo (MENEZEZ, 2004). Esse movimento apresenta cisalhamento distribuído ao longo da massa sedimentar. As camadas são geralmente maciças, porém podem apresentar forma de lentes com organizações internas caóticas (CARLOTO, 2006). Segundo Stow *et al.*, (1996 *apud* CARLOTO, 2006) os fluxos de detritos podem ser divididos em coesivos e não coesivos. Os fluxos de detritos coesivos ocorrem principalmente quando a matriz possui alto poder de suporte de grãos, sendo composta principalmente de granulação fina e argilosa. Esse tipo de fluxo pode mover-se sobre pequenos gradientes e transportar sedimentos por longas distâncias, devido a matriz fina e baixa permeabilidade, fazendo com que a água fique mais tempo no sistema sustentando a mobilidade. Os depósitos oriundos dos fluxos de detritos coesivos apresentam material pobremente selecionado, com grandes clastos suportados por uma matriz de granulação fina, quase sempre sem nenhum acomodamento ou laminação interna. A gradação do depósito geralmente é normal podendo, mais raramente, apresenta-se inversa. Os fluxos de detritos não coesivos, não apresentam matriz com tanto poder de sustentação, provocando colisões entre os grãos criando pressão dispersiva resultado do cisalhamento. Os depósitos, gerados por esse tipo de fluxo, apresentam comumente gradação inversa, sendo resultado da pressão dispersiva, onde os grãos maiores se concentram nas porções superiores.

Os fluxos de lama (*mudflows*) são fluxos que apresentam pequena quantidade de material grosseiro. Os materiais finos, silte e argila, representam mais de 50% do fluxo,

podendo ocorrer em quase todos os tipos de vertentes. A origem desse movimento geralmente está ligada a altos índices de pluviosidade, deixando como característica um material lamoso que desce vertente abaixo com altas velocidades diminuindo somente quando atinge zonas planas. No fluxo de lama o material, ao descer a encosta, ganha mais velocidade na porção do fluxo que fica mais distante da zona de máxima fricção com o substrato, deslocando material mais grosseiro, podendo gerar uma gradação inversa no depósito. Os materiais mais finos desempenham a função de ligar e lubrificar os grãos mais grossos. Os fluxos de lama podem ser resultado da evolução para jusante de depósitos de escorregamento incoerente subaéreos ou subaquosos (GIANNINI & RICCOMINI, 2000).

Os fluxos de areia e fluxos de grãos (*earth*), consistem em movimentos fluidos de materiais relativamente finos, tais como silte e argila, podendo ocorrer em solos oriundos de argilitos e argilas. Geralmente deixam cicatrizes em forma de ferradura onde se iniciam.

O termo solifluxão (*solifluction*) significa, literalmente, fluxo de solo e é geralmente usado para referir-se a fluxos de falhas. Geralmente apresenta-se em movimentos lentos ao longo de uma vertente, cujo regolito se encontra saturado com água. São muito comuns em climas frios onde a parte superior do solo congela e descongela periodicamente (SELBY, 1985).

A queda de blocos (*rock falls*), também chamada de avalanche, é um exemplo de sedimentação gravitacional basicamente vertical, sem comportamento de transporte horizontal. Neste caso os sedimentos transportados são rochas angulares e mal selecionadas, lembrando que as mesmas podem sofrer certo arredondamento se o componente “água” for acrescentado no transporte. Nesse tipo de movimento de massa, é

necessária a presença de uma escarpa e ou encosta íngreme, pelo qual o sedimento possa se deslocar cujo depósito é comumente designado de depósito de talus.

### **2.1.2.2 Análise de Fácies: Recurso Metodológico na Caracterização dos Processos de Coluvionamento**

O termo fácies significa face, aspecto, aparência, forma, característica ou condição, podendo variar a definição entre os autores. Embora essa variação, ha um consenso em se admitir como a soma de características de uma unidade sedimentar. As características incluem as dimensões, estruturas, tamanho de grão, cor, conteúdo biogénico e sedimentos constituintes de depósitos que permite sua distinção com relação a outros corpos adjacentes. Com isso o termo fácies esta diretamente relacionada com os processos deposicionais atuantes na construção dos corpos sedimentares, podendo ser considerada como um meio de classificação dos sedimentos de determinada sequência. Desta forma expressa as circunstâncias em que cada camada foi gerada, sendo fundamental instrumento de interpretação de ambiente deposicional e processos associados (NICHOLS, 1999).

Dependendo do foco do estudo, diferentes termos são usados para alguns aspectos das facies, tais como: a) *litofácies*: descrição, demarcação das características da rocha e ou depósito como produto único dos processos físicos e químicos; b) *biofácies*: descrição na quais as observações são voltadas para flora e fauna; e c) *ichnofácies*: descrição é voltada para os sinais de fósseis existentes nas rochas e ou depósito.

A análise de fácies, interpretação dos estratos, em ambientes deposicionais, pode ser considerada como objetivo central da sedimentologia e estratigrafia. A interpretação dos ambientes sedimentares pode ser um exercício muito simples ou complexo no contexto da

sequência sedimentar. Em alguns casos há características únicas das rochas e ou depósito oriundas de um ambiente particular. A interpretação das fácies deve ser objetiva e baseada no reconhecimento dos processos formadores das camadas, sendo oportuno na caracterização de depósitos de colúvio, que são associados tanto a movimentos de massa quanto ao escoamento superficial.

As fácies deposicionais representam litotipos que podem estar presentes em corpos oriundos de fluxos gravitacionais de massa, refletindo as configurações deposicionais originais anteriores à ressedimentação, ou podem estar associadas aos fluxos gravitacionais de sedimentos *in situ*, nas partes mais rebaixadas do terreno (CARLOTO, 2006).

O estudo de fácies sedimentares em escala microscópica foi denominado por Brown (1943 *apud* RIBEIRO & BORGHI, 2007) de microfácies, sem fazer menção ao tipo de litologia ou técnica de estudo. As microfácies podem ser definidas como variações nas características litológicas de um pacote de sedimentos, através da análise de lâminas delgadas obtidas com o uso de microscópio feito por meio de lâminas delgadas (MENDES, 1984 *apud* RIBEIRO & BORGHI, 2007).

### **2.1.2.3 Escoamento Superficial**

A origem do escoamento superficial está ligada diretamente com as precipitações. A água ao precipitar sobre o solo pode infiltrar, acumular-se em áreas deprimidas ou escoar diretamente sobre a superfície. Segundo Paisani (1998), “quando a intensidade de chuva excede a capacidade de infiltração do solo, surge o fluxo superficial hortoniano (*horton overland flow*), característico de regiões com pouca cobertura vegetal. Em áreas onde a presença de vegetação é significativa, os solos ficam mais permeáveis e a água tende a

infiltrar alimentando os lençóis freáticos, que por sua vez alimentam os rios, esse fluxo é chamado de fluxo de base (*baseflow*). A água pode também percolar dentro do solo ou sobre a rocha pelos poros existentes, gerando assim o fluxo subsuperficial (*subsurface*). O fluxo de retorno (*retourn flow*) surge quando a zona limite de percolação do fluxo subsuperficial na encosta, definido pelo gradiente topográfico, coincide com a superfície do terreno. Quando o solo excede sua capacidade de infiltração encontrando-se totalmente saturado, a água emerge dele, formando assim o escoamento superficial saturado (*saturation overland flow*)”.

No escoamento laminar, a água se desloca em camadas, ou lâminas, uma camada escorregando sobre a adjacente havendo somente troca de quantidade de movimento molecular. A água se desloca vertente abaixo em forma de lençol, removendo, por onde passa, materiais terrosos formando lâminas delgadas. A quantidade de material transportado pelo escoamento laminar varia conforme o tipo de solo existente. Os solos compostos por silte, material arenoso e areias quartzosas, geralmente de origem sedimentar, apresentam tamanho relativamente grande das partículas para serem arrastados pelo escoamento superficial. Os solos de natureza basáltica são argilosos, compostos por materiais “finos” em relação aos solos de origem sedimentar, entretanto, a erosão laminar ocorre mais facilmente em solos de origem basáltica.

Além do escoamento laminar, os fluxos já mencionados podem ocorrer nas encostas de forma concentrada e são designados de escoamento superficial canalizados.

Existem vários mecanismos que dão origem a escoamentos superficiais canalizados (ravinas, voçorocas e sulcos), em diferentes escalas temporais e espaciais, porém todos derivam de fluxos de água que se deslocam encosta abaixo e em determinada direção. Segundo Guerra *et al.*, (1999), os principais mecanismos que dão origem aos escoamentos

superficiais canalizados são: a) *erosion splash*, deslocamento das partículas do solo através do impacto das gotas de chuva; b) transporte das partículas através do escoamento superficial difuso, que tem como componente adicional a rugosidade do terreno gerando também turbulência junto ao fluxo; c) transporte de partículas por fluxos concentrados, no qual o fluxo ganha mais potência ao encontrar água acumulada em depressões; d) erosão por quedas d'água originadas a partir da água do escoamento superficial que se desemboca no interior das incisões erosivas; e) solapamento da base de taludes; f) liquefação do material do solo, onde por vários fatores os materiais inconsolidados do solo se comportam como fluídos; g) movimentos de massa localizados e h) arraste de partículas por percolação e por fluxos concentrados em túneis ou dutos.

O início de formação de sulcos e ravinas pode ser considerado como crucial no processo erosivo que pode estar associado a um rápido aumento de concentração de sedimentos contidos no escoamento superficial (GUERRA, 1997). Sulcos e ravinas são formados na superfície das encostas com vegetação relativamente degradada, ou podem surgir ainda no interior de voçorocas indicando rotas do escoamento superficial concentrado.

#### **2.1.2.4 Área Fonte dos Depósitos de Colúvio**

A fonte dos materiais identificados em depósitos de colúvio varia conforme o ambiente onde este se estabelece. Pode resultar do retrabalhamento de dunas, em ambiente eólico (BIGARELLA, 1974, PAISANI, 2005a), terraços periglaciais (MILLAR, 2006) e sobretudo perfis de solo em ambiente de encosta (BIGARELLA *et al.*, 1993).

O tipo de solo varia conforme a rocha mãe, podendo ser mais arenoso ou argiloso dependendo do material de formação. Na área de estudo, as rochas básicas são responsáveis pelo solo tipicamente argiloso, onde o processo de laterização ocorre mais facilmente do que nas outras variedades de rochas. O termo laterita surgiu primeiramente em 1807 com Buchanan, onde sua definição se referia a um material avermelhado. Posteriormente vários autores apresentaram definições diferentes para laterita. O termo laterita, *lato sensu*, corresponde a todos os produtos da neoformação, contendo uma quantidade variável de hidróxidos de ferro e alumínio, oriundos da alteração pedogenética das rochas (BIGARELLA, 2007). Segundo Thomas (1974 *apud* BIGARELLA, 2007), a laterita, de maneira geral, refere-se ao material altamente intemperizado, rico em óxido de ferro e ou alumínio, desprovido de bases e silicatos primários, podendo conter quartzo e caulinita em quantidades consideráveis.

Segundo Bocquier *et al.*, (1984 *apud* TARDY, 1992), em um perfil típico de lateritas ocorrem três zonas ou horizontes (Figura 04): 1) zona de alteração, localizada na parte inferior do perfil; 2) zona globular, localizada no centro e 3) zona mole, localizada na parte superior do perfil. Na zona de alteração a estrutura da rocha original é preservada, sendo composta por saprolito grosseiro e fino, porém boa parte dos materiais solúveis são lixiviados pelo intemperismo. Na zona globular, ocorre frequentemente acumulações contínuas de ferro ou alumínio (ferricretes ou bauxitas) ou descontínuas (nódulos). Enfim na zona mole ocorre acumulação de minerais primários ou secundários (quartzo e caulinita) devido à maior resistência a degradação do material.

Na área de estudo através das descrições em nível macro e micromorfológica, espera-se encontrar depósitos de colúvio constituídos por material erodido de perfis de solo

lateríticos, cujo grau de evolução paleopedológica pode estar preservado em suas propriedades mineralógicas e físicas.

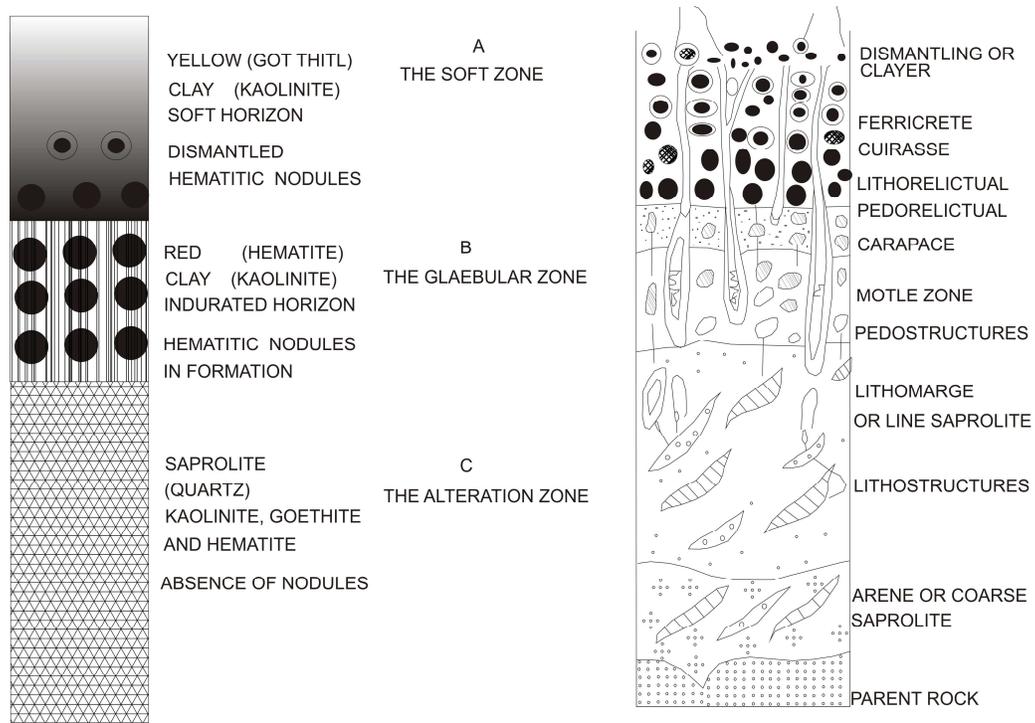


Figura 04: Perfil laterítico típico (BOCQUIER *et al.* 1984, *apud* TARDY 1992).

## 2.1.3 Significado Paleoambiental dos Colúvios

### 2.1.3.1. Breves Considerações

De acordo com Bigarella *et al.*, (1994) vários autores afirmam que as mudanças climáticas globais associadas às glaciações formariam períodos de instabilidade na paisagem com ocorrência de fases de climas úmidos e semi-áridos.

Nas fases de clima úmido a pedogênese seria intensa e haveria o desenvolvimento acentuado da vegetação. Na transição entre o clima úmido e semi-árido a vegetação desapareceria, conseqüentemente os processos de erosão mecânica atuariam de maneira

mais significativa, promovendo retirada de material das partes mais elevadas das encostas e sua deposição nas partes mais baixas, originando material coluvial ou colúvio-aluvial. Quando o clima semi-árido estivera em vigor, os processos de recuo paralelo de vertentes promoveriam o entulhamento dos vales e recobrimento dos depósitos existentes. Quando o ciclo se “fecha” e o clima úmido volta a reinar, a rede de drenagem proporcionaria a dissecação dos depósitos, a pedogênese volta atuar, sobretudo nas encostas e a vegetação se desenvolve novamente (Figura 05).

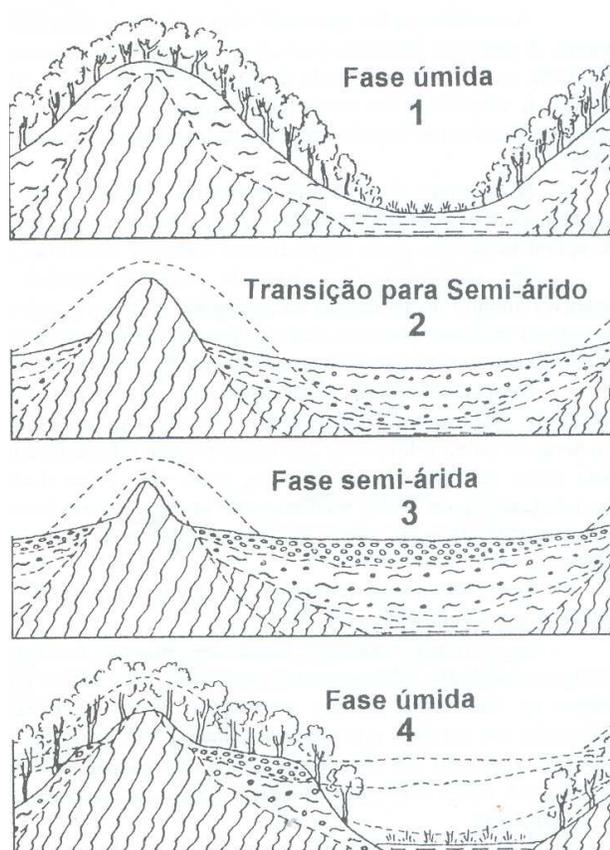


Figura 05: O recuo lateral das encostas ao longo de variações climáticas. (BIGARELLA & BECKER, 1975 *apud* PASSOS & BIGARELLA, 2001).

Normalmente, o colúvio se encontra sobre o elúvio (Figura 06), designado por Tardy (1992) de saprolito. Em alguns casos, se assenta em inconformidade erosiva sobre a rocha sã, devido à remoção do elúvio (BIGARELLA *et al.*, 1994). Segundo Moura & Silva

(2001), os colúvios são um registro sedimentar importante, pois documentam a recorrência de processos erosivos sobre o regolito.

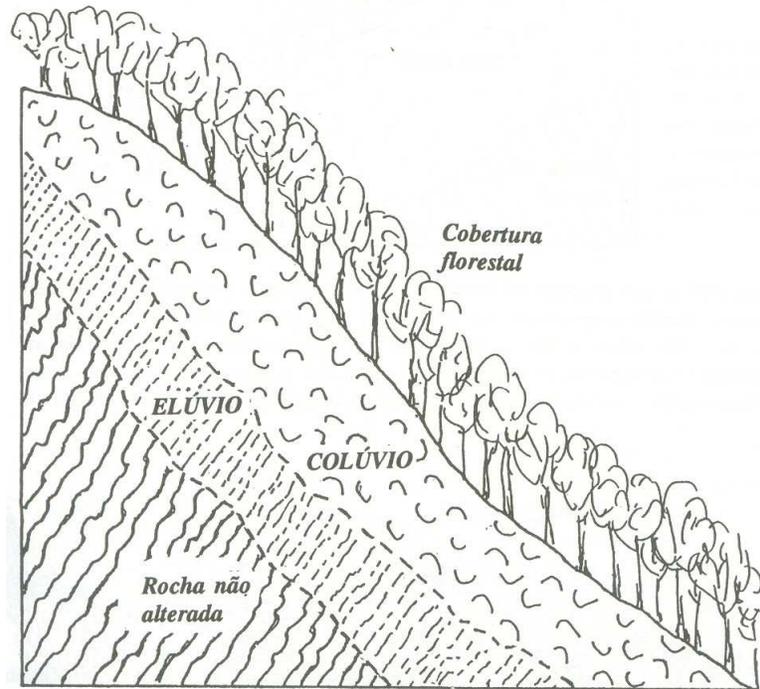


Figura 06: Formações superficiais de uma encosta ideal. (Fonte, BIGARELLA, *et al.*, 1994).

Em algumas áreas ocorrem sucessivas camadas colúvias superpostas que atestam a evolução da paisagem pela recorrência de processos degradacionais (erosivos)/agradacionais (acumulativos), cujo topo da sequência pode posteriormente ser pedogenizado. No entanto, esse estudo não é simples, uma vez que muitos dos processos presentes na gênese dos colúvios são pouco conhecidos (MOUSINHO & BIGARELLA, 1965 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994). Em áreas onde ocorrem formações superficiais derivadas dos derrames vulcânicos é difícil de determinar se a origem dessas formações são geogenéticas (colúvios) ou pedogenéticas (latossolos). As linhas de pedras foram utilizadas durante décadas como um dos elementos que podem auxiliar essa determinação, pois geralmente se encontram associadas aos depósitos colúviais. Por outro lado, a própria

gênese das linhas de pedras é controversa e merece ser estudada. Sobre esse assunto serão feitas rápidas considerações a seguir.

### **2.1.3.2 Colúvios Sobre Linhas de Pedras**

Como foi visto anteriormente, o material coluvial é o produto (depósito) de processos erosivos (degradacionais). Na paisagem, por vezes as formações superficiais podem exibir mais de um estrato coluvial. Esses estratos podem registrar passagens abruptas para o material sobrejacente marcada por variações sedimentológicas ou pela presença de material detrítico, amplamente conhecido como linha de pedras (*stones line*). Assim, linhas de pedras, em sentido amplo, correspondem a um aglomerado de clastos suportados ou não separando camadas de colúvio ou entre horizontes de solo. Essas feições são encontradas em várias posições estratigráficas. Além de intercaladas por material coluvial, podem ocorrer em contato entre o elúvio e colúvio e ainda podem aflorar na superfície em locais onde os fenômenos erosivos retiraram as camadas sobrejacentes (BIGARELLA *et al.*, 1994). Os materiais grosseiros, formadores das linhas de pedras, são constituídos geralmente por minerais, litorelíquias e fenoclastos de rochas alteradas.

O estudo da origem das linhas de pedras está ligado basicamente a processos que ocorrem nas encostas. A evolução das encostas geralmente está relacionada à interação entre: a) mudanças climáticas acentuadas, b) ajuste de níveis de base locais e c) levantamentos crustais (BIGARELLA *et al.*, 1965). Para Penteadó (1969), que outrora fez revisão sobre o tema, a maioria dos autores admite que a origem das linhas de pedras esta relacionada com regimes climáticos mais secos, onde domina a morfogênese mecânica. Nesses regimes climáticos registra-se sobre a superfície do terreno acúmulo de clastos,

tamanho seixo e bloco, associados a remobilização das partículas finas de colúvios previamente depositados e gerados por chuvas concentradas (BIGARELLA, *et al.*, 1965; PENTEADO, 1969). Este acúmulo de detritos é conhecido nas áreas de clima árido e semi-árido como pavimento detrítico. Por analogia, as linhas de pedras seriam pavimentos detríticos antigos gerados quando a superfície do terreno, fora entulhada por clastos finos, como atualmente ocorre em áreas áridas e semi-áridas. A ocorrência das linhas de pedras em formações superficiais, cujo clima atual é úmido, levaria a inferir que outrora o clima da área era árido ou semi-árido. Assim, as linhas de pedras passaram a ter um significado morfoclimático.

Por outro lado, vários autores estudaram a origem das linhas de pedras em diferentes países e, sobretudo, em área de clima tropical, e não há consenso quanto à gênese dessas feições. Cailleux e Tricart (1959 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994) sugerem que as linhas de pedras encontradas nas formações superficiais podem ter origem pedogenética decorrente da ação de térmitas que efetuaram o transporte ascendente das partículas mais finas do regolito, soterrando os seixos na parte subsuperficial. Burke & Durotoye (1971 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994), afirmam que além da ação das térmitas e vermes, a lavagem superficial do terreno contribuiria com o revolvimento da cobertura superficial e acúmulo de clastos na forma de linha de pedras. Já para Lehmann (1960 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994), as linhas de pedras encontradas em formações superficiais não seriam originadas pelas térmitas, mas sim por processos geogenéticos e testemunhariam o deslocamento de massa do material coluvial por solifluxão e a lavagem de material fino durante a passagem de regime climático úmido para semi-árido. Enfim, Bigarella e Andrade (1965 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994) defendem a origem geogenética para as linhas de pedras encontradas em formações superficiais, mencionando que estas são

produtos de uma fase climática mais seca com retração da vegetação. Sob essas condições climáticas o escoamento superficial promoveria a remoção dos materiais mais finos do colúvio, conseqüentemente, os clastos mais grosseiros se acumulariam na base como depósitos residuais. Posteriormente ocorreria uma nova deposição do colúvio recobrando os materiais mais grosseiros formando os paleopavimentos.

Uma terceira hipótese para a gênese das linhas de pedras é a geoquímica. Young (1976 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994), juntamente com outros autores, afirma que linhas de pedras de quartzo demonstram bem a ação geoquímica. Esse processo ocorreria principalmente em áreas de ocorrência de veios de quartzo, onde a ação do intemperismo, sobre os veios, atuaria de maneira mais lenta, devido sua maior resistência. Com isso haveria incorporação desses veios no perfil de solo recém formado em diferentes proporções a ponto de formar linhas de pedras (BERRY & RUXTON, 1959 *apud* BIGARELLA *et al.*, 1994).

No geral, a gênese das linhas de pedra é variável e cada área de ocorrência dessas feições pode ter um contexto genético associado, em sentido amplo, à morfogênese ou pedogênese.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

A área de estudo corresponde a duas encostas localizadas no médio vale do Rio Marrecas, sudoeste do Paraná, no sítio urbano de Francisco Beltrão (Figura 07). A bacia hidrográfica do Rio Marrecas pode ser classificada como assimétrica, pois apresenta uma disparidade em relação à distribuição de seus afluentes, com maior densidade na margem direita desse rio (PAISANI *et al.*, 2005).

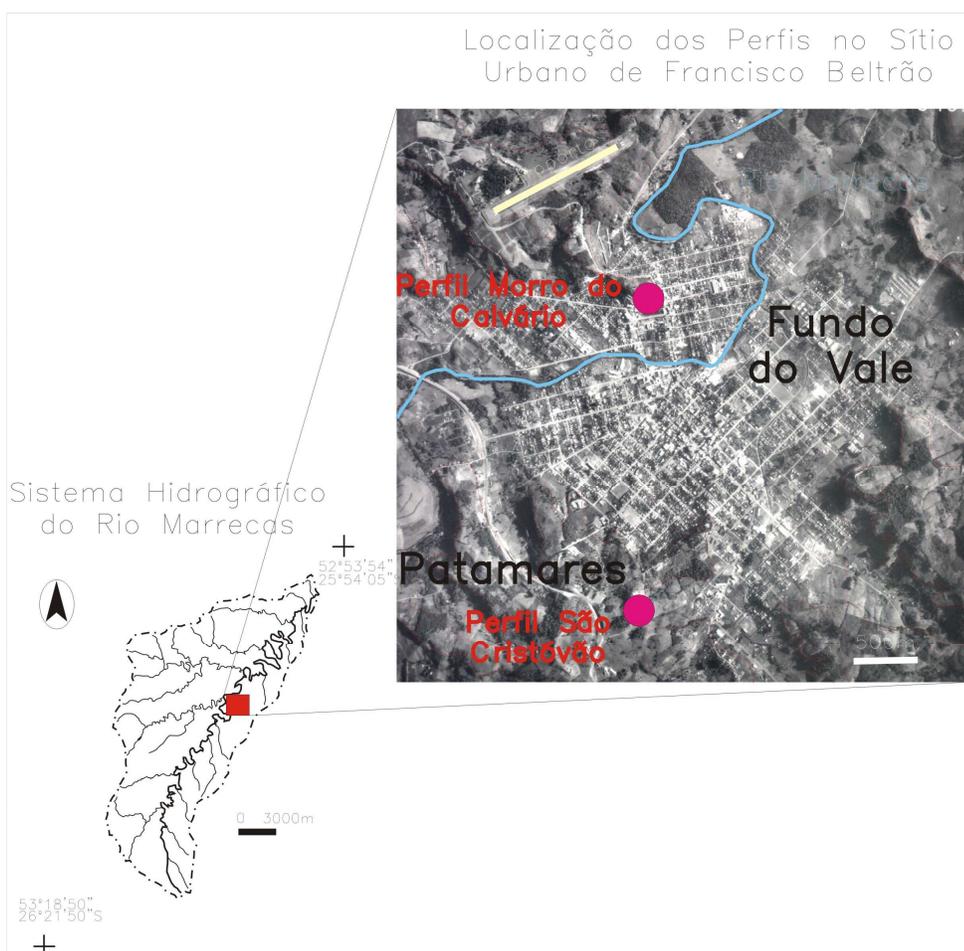


Figura 07: Localização das duas encostas estudadas no sítio urbano de Francisco Beltrão, situado no médio vale do Rio Marrecas (Adaptado de PAISANI, 2006).

Na margem esquerda encontram-se os afluentes mais desenvolvidos tais como: Rio Quatorze, Rio Bonito, Rio Lageado Grande, Rio Santa Rosa, Rio Tuna entre outros e na margem direita os afluentes são menos desenvolvidos destacando-se Rio Frio e Rio São José.

A bacia hidrográfica do Rio Marrecas possui aproximadamente 800 km<sup>2</sup>, apresentando várias unidades de relevo, tais como: área de topo, patamares intermediários/degraus estruturais e fundos de vales (GEREMIA *et al.*, 2004; GEREMIA & PAISANI 2005; PASA 2007). Ao longo da bacia do Rio Marrecas podem ser encontrados vales em formato de “U” e “V” (FERRETI, 1998). Segundo Geremia *et al.* 2004, os fundos de vales em “V”, fechados, exibem vertentes retilíneas e os vales com fundo chato, possuem vertentes mais suaves como é o caso de fundo de vale em “U” onde se desenvolve o sítio urbano de Francisco Beltrão (Figura 07).

As encostas estudadas foram escolhidas por representarem o limite dos patamares que circundam o vale do sítio urbano de Francisco Beltrão. Tais patamares se encontram entre as cotas 600 à 640m e são uns dos mais frequentes identificados na bacia do Rio Marrecas (PAISANI *et al.*, 2008b).

O conjunto dessa litologia é chamada de Formação Serra Geral (SCHNEIDER *et al.*, 1974), constituída não somente de rochas básicas mas também de ácidas que ocorrem em menor quantidade. O ápice desse evento de magmatismo ocorreu há 132 Ma inundando a Bacia do Paraná e recobrimdo cerca de 75% de toda a sua superfície (NARDY, *et al.*, 2002).

Os derrames que ocorrem na área drenada pelo Rio Marrecas foram individualizados por Paisani *et al.* (2008c), em 12 unidades dispostas em três seqüências inferidas como: a) inferior básica; b) intermediária ácida e c) superior básica. Com base nas

cotas altimétricas dos patamares onde as encostas estudadas bordejam, acredita-se que as superfícies dessas unidades de relevo sejam mantidas pela sequência inferior de natureza básica.

As características litológicas da área são fundamentais para a configuração do relevo local caracterizado por patamares estruturais, identificados a partir de mapeamento geomorfológico, sendo eles encontrados no topo e interior dos vales (GEREMIA, 2006; PASA, 2007).

Extensos lineamentos ocorrem em toda bacia do Rio Marrecas, eles podem ser vistos através de cartas topográficas, fotografias aéreas e até mesmo em campo. Paisani *et al.*, (2008c) identificaram na área drenada pelo Rio Marrecas 172 lineamentos que se apresentam dispostos principalmente para o quadrante NW.

Em relação ao clima predominante na região sudoeste do Paraná, área onde se encontra a maior parte da bacia hidrográfica do Rio Marrecas, registra-se o tipo Cfa, da classificação climática de Köpen, cujas letras indicam: “C” clima mesotérmico temperado, “f” chuvas bem distribuídas durante todo o ano e “a” verões quentes (MAACK, 1981). A pluviosidade e temperatura média anual da região são determinadas de alguma maneira pela dinâmica das massas de ar, sobretudo a polar e a tropical continental (MARTINS, 2003). A temperatura média anual fica em torno dos 19°C, registrando 25°C como temperatura máxima e 11,6°C como mínima, valores estes registrados na cidade de Francisco Beltrão, clima característico de regiões com altitudes inferiores a 850 – 900 m (MARTINS, 2003).

Pelo fato da bacia do Rio Marrecas se encontrar na região sul do Brasil, que apresenta algumas peculiaridades, tais como: a) estações do ano bem definidas; b) irradiação solar mais tênue, se comparadas com outras regiões do Brasil e c) chuvas

abundantes e bem distribuídas, apresenta condições favoráveis a desenvolvimento e expansão das formações florestais (LEITE & KLEIN 1990).

A região fitogeográfica que abrange a área de estudo, hoje devastada e fortemente ocupada pela atividade agrícola, exibe remanescente de Floresta Ombrófila Mista, cujos padrões fitofisionômicos são típicos de regiões úmidas (LEITE & KLEIN 1990). A Floresta Ombrófila Mista também conhecida como Floresta de Araucária ocorre no Planalto Meridional Brasileiro, área de dispersão natural da *Araucária Angustifolia*, popularmente conhecida como Pinheiro do Paraná. Por outro lado no passado esse tipo de floresta estendia-se em altitudes bem mais baixas do que atualmente, sob forma de capões e matas-galeria. Segundo Klein (1960 *apud* LEITE & KLEIN 1990) a Araucária encontra-se cada vez mais desfavorecida não somente pela intervenção antrópica, mas também, devido à incompatibilidade com o clima atual.

Ferreti (1998) apresenta várias classificações de diferentes autores, acerca da vegetação e uso do solo da Bacia do Rio Marrecas. Embora as nomenclaturas sejam diferentes, as descrições das mesmas são iguais, todas apontando que a vegetação original ocorre principalmente próxima das áreas mais elevadas e em menos proporções próxima dos vales.

No que se refere aos solos, a bacia hidrográfica do Rio Marrecas, por situar-se ao sul do Trópico de Capricórnio e possuir substrato rochoso composto de rochas predominantemente basálticas, apresenta desenvolvimento de latossolos e nitossolos, adjetivados como vermelhos ou brunos (LEPSCH, 2002). Segundo o Sistema de Classificação dos Solos proposto pela Embrapa (1999), os latossolos são classificados como: solos constituídos de material mineral, com horizonte B latossólico logo abaixo do horizonte A. Eles podem ser subdivididos em latossolos brunos, amarelos, vermelhos e

vermelho/amarelos todos com subdivisões em cada classe. Os nitossolos são solos constituídos de material mineral que apresentam horizonte B nítico, com argila de atividade baixa logo abaixo do horizonte A. Os nitossolos podem ser subdivididos em nitossolos vermelhos e nitossolos háplicos, ambos com subdivisões.

### 3.2 ASPECTOS LOCAIS

As encostas estudadas estão situadas no sítio urbano de Francisco Beltrão, uma no bairro da Cango (Figura 08) e outra no bairro São Cristóvão (Figura 09). Os depósitos de colúvio se encontram nos terços superiores das encostas, geralmente definidos como alta encosta, com aproximadamente 600 m de altitude.

Através do perfil topográfico da encosta do Morro do Calvário, onde se encontra a seção estratigráfica 01 (Figura 08), percebe-se que sua morfologia é retilínea/côncava/retilínea. A cota altimétrica mais elevada do perfil fica em torno de 638 m de altitude e a cota altimétrica mais baixa fica em torno de 570 m.

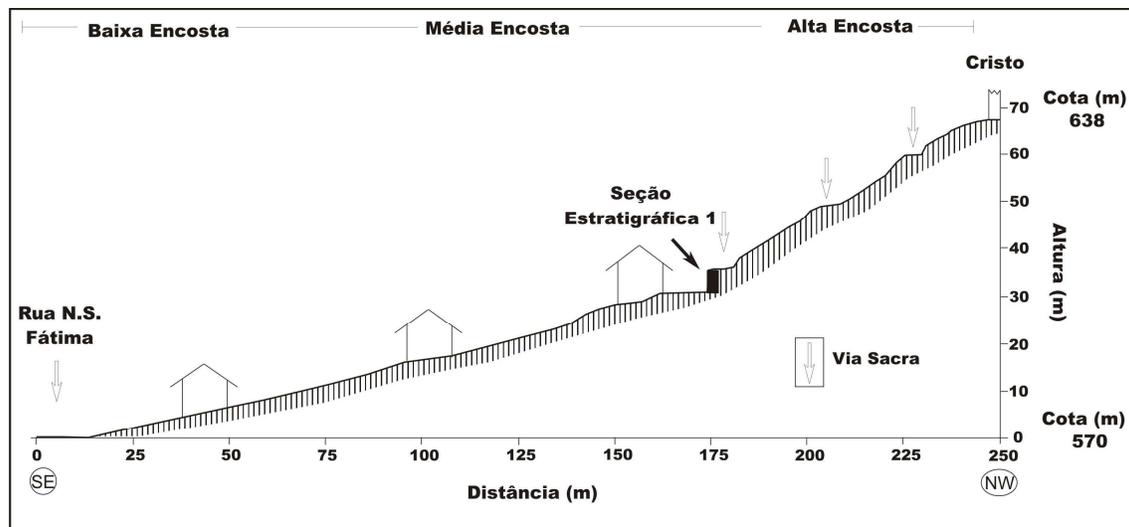


Figura 08: Perfil de encosta do Morro do Calvário localizando a seção estratigráfica 01 (Adaptado de PAISANI, 2006).

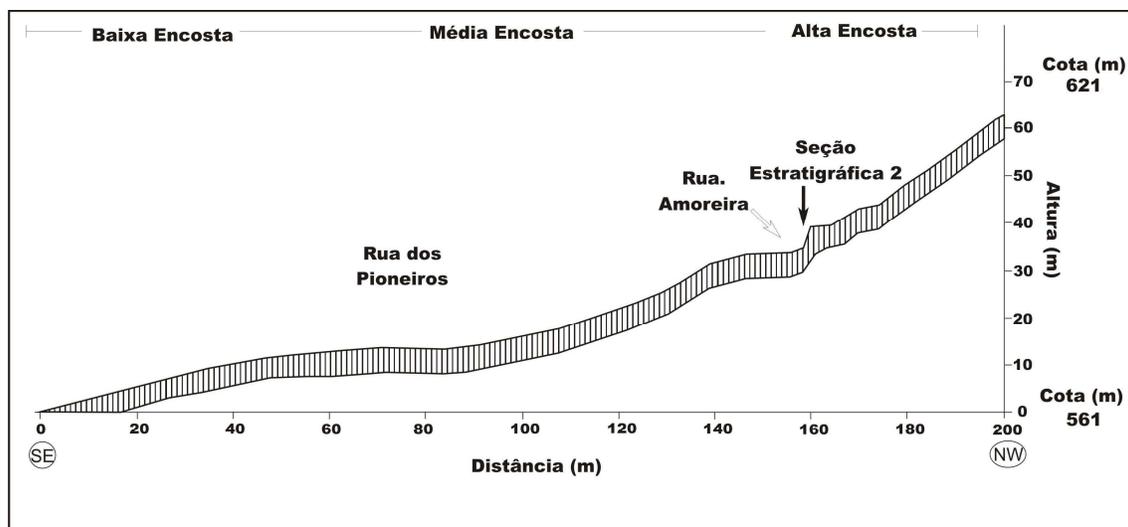


Figura 09: Perfil de encosta no bairro São Cristóvão localizando a seção estratigráfica 02.

O perfil topográfico da encosta do bairro São Cristóvão, onde se encontra a seção estratigráfica 02 (Figura 09), apresenta na alta encosta uma forma tendendo a retilínea/convexa, na média encosta côncava e na baixa encosta convexa. A altitude máxima do perfil é de aproximadamente 621 m e a mínima 561 m. Como era de se esperar as cotas são semelhantes às do perfil da encosta do Morro do Calvário, pois as encostas delimitam a mesma classe de patamar.

Em relação à drenagem, a encosta do Morro do Calvário tem escoamento de suas águas para pequenos afluentes que foram canalizados. Já a encosta localizada no bairro São Cristóvão tem escoamento de sua águas para o Rio Guancino, que deságua no Rio Lonqueador, afluente do Rio Marrecas (Figura 10).

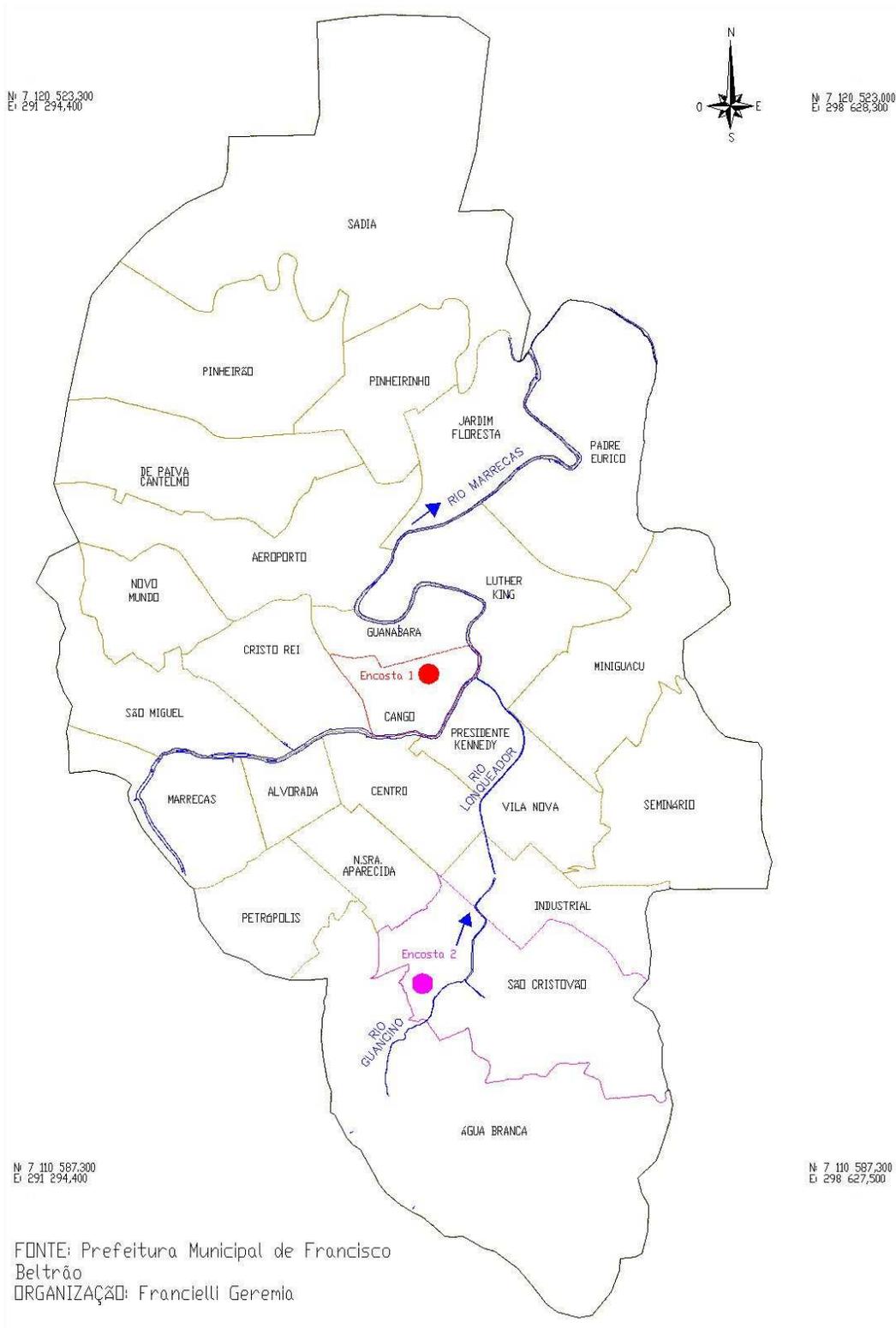


Figura 10: Limite do sítio urbano de Francisco Beltrão, com divisão dos bairros e sistema de drenagem principal, com localização dos perfis das encostas estudadas.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Os dois depósitos de colúvio se encontram em encostas no sítio urbano de Francisco Beltrão e apresentam materiais que derivam de derrames vulcânicos de natureza básica. Como já citado anteriormente, um depósito está localizado no bairro da Congo, em espaço turístico conhecido como Morro do Calvário, e outro no Bairro São Cristóvão. A escolha dessas áreas se justifica pelo fato de observações prévias demonstrarem que correspondem a depósitos de colúvio com propriedades diferentes, que podem implicar processos deposicionais distintos.

As duas áreas de depósitos tiveram suas características macroscópicas descritas em momentos distintos. Primeiramente a seção do Morro do Calvário foi estudada por membro do grupo de pesquisa, cujos resultados foram disponibilizados por Paisani (2005) e Biral (2005). Os autores levantaram a distribuição espacial, o tipo de contato entre as camadas, a granulometria e reconstituíram em escala centimétrica a seção, bem como fizeram a coleta de amostras para micromorfologia. Neste momento também foram feitas interpretações sobre a deposição dos materiais (PAISANI, 2005b). A intensa urbanização dessa área não permitiu mais retomar os estudos no local, mas considerou-se oportuno estabelecer atualmente as propriedades micromorfológicas, pois constitui uma seção clássica de depósitos de colúvio, intercalado por linhas de pedras geogenéticas.

Posteriormente foi descrita a seção localizada no Bairro São Cristóvão. Em campo foram levantadas as seguintes características da seção: a) individualização e denominação das camadas por algarismos romanos da base para o topo; b) tipo de contato entre as camadas (NICHOLS, 1999); c) estratificação (HARMES *et al.*, 1982); d) bioturbação; e)

atitude das camadas; f) presença de raízes; h) seleção, em função da relação entre os tamanhos dos clastos (HARMES *et al.*, 1982); j) matriz; k) fábrica; m) gradação (HARMES *et al.*, 1982); e n) cor da matriz (Carta de MUNSELL), além da reconstituição das principais características da seção em escala centimétrica. Em relação aos clastos maiores que seixo fino, descreveu-se: a) constituição; b) arredondamento e esfericidade, conforme Pettijohn *et al.*, (1987 *apud* NICHOLS, 1999).

## **4.2 DETERMINAÇÕES LABORATORIAIS**

### **4.2.1 Granulometria**

O termo granulometria, segundo Suguio (1973), significa mensuração dos tamanhos de grãos. A granulometria permite estabelecer a distribuição quantitativa das partículas em um determinado ambiente. Esses dados são importantes para interpretação do material e processos que geraram a matriz das unidades colúviais.

A granulometria da matriz das unidades do Morro do Calvário foi determinada pelo laboratório de Solos da UTFPR, Campus Pato Branco. Esses dados foram obtidos junto ao grupo de pesquisa Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais. Em relação as unidades da Seção São Cristóvão foram submetidas um total de 06 amostras para a determinação granulométrica, respectivamente da base e do topo de cada unidade. Esta determinação foi realizada no laboratório de Análise de Formações Superficiais da UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão, seguindo os clássicos procedimentos sedimentológicos: peneiramento para fração grossa e pipetagem para fração fina, com separação via úmida entre ambas (SUGUIO, 1973). Os resultados foram plotados

no Diagrama Triangular de Sheppar e no Diagrama Triangular de Flemming para a determinação de classes texturais da matriz das unidades coluvionares.

#### **4.2.2 Mineralogia da Fração Argila**

A mineralogia da fração argila é utilizada para identificação do grau de alteração dos minerais presentes no substrato rochoso em que se desenvolve a cobertura pedológica, bem como na identificação das fases minerais geradas pela pedogênese. No caso das unidades coluvionares estudadas, essa determinação foi empregada para verificar dois aspectos: paleoambiental e possível retrabalhamento das unidades. O aspecto paleoambiental refere-se à determinação do grau de evolução da cobertura pedológica que forneceu material para os depósitos de colúvio. Esse dado é importante para se estimar o tempo de estabilidade da encosta e, em consequência, o balanço entre pedogênese e morfogênese.

Essa determinação foi estabelecida para cada unidade coluvial das duas seções estratigráficas, totalizando 05 análises mineralógicas da fração argila, no qual foram determinados os argilossilicatos e principais óxidos/hidróxidos. A mineralogia foi determinada, pelo Laboratório de Fluorescência de Raio X do IGC/USP, por meio da técnica de difração de raio X com amostras orientadas, glicolada e aquecida a 500 °C/3h.

As fases mais expressivas do difratograma foram previamente interpretadas por técnicos do laboratório. As demais fases foram identificadas em gabinete utilizando-se do quadro de padrões do *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* - JCPDS e nas informações de Resende *et al.* (2005). As distâncias interplanares de todas as fases foram calculadas em gabinete. Inicialmente determinando-se a posição das fases no eixo  $2\theta$ , através da equação  $P = [(I \cdot df) / di] + df$ , onde: P= posição da fase no eixo  $2\theta$  (°); I=intervalo

( $^{\circ}2\theta$ );  $d_f$ = distância da fase a partir do menor valor de  $2\theta$  mais próximo (nm);  $d_i$ =distância do intervalo do eixo  $2\theta$  (nm). Em seguida definiu-se a distância interplanar aplicando-se a equação de Bragg:  $n\lambda = 2d\sin\theta$ , onde  $n=1$ ,  $\lambda$  = comprimento de onda da radiação = 0,15418 (nm),  $d$  = distância interplanar (nm),  $\theta = 2\theta/2$  ( $^{\circ}$ ).

#### **4.2.3 Descrição Micromorfológica/microfábrica**

A micromorfologia consiste na técnica de caracterização dos constituintes do solo e respectivos arranjos estruturais visíveis sob microscópio ótico polarizante (PAISANI, 2004). A micromorfologia exhibe diversidade de aplicações, como o estudo da gênese e alteração de solos atuais, paleossolos, colúvios e demais depósitos sedimentares atuais ou passados (MÜCHER & MOROZOVA, 1983). No caso das unidades coluvionares, essa técnica foi utilizada para verificar microestruturas que possibilitassem identificar processos deposicionais, feições que indiquem possível retrabalhamento das unidades coluvionares e transformações pós-deposicionais. Neste último caso visando estimar o tempo de formação do depósito, tendo como princípio que depósitos mais antigos sofrem maior alteração pela ação da pedogênese.

Para a descrição micromorfológica foram coletadas 02 amostras indeformadas da encosta do Morro do Calvário e 09 amostras da encosta do bairro São Cristóvão. O método de coleta e impregnação das amostras seguiu as orientações de Castro (2002). A confecção de lâminas foi realizada pelo Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências, Departamento de Geologia e Recursos Naturais da UNICAMP. As lâminas foram descritas no Laboratório de Microscopia Ótica da UNIOESTE, Campus Francisco Beltrão, conforme critério e terminologia proposta por Stoops (2003).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS

#### 5.1.1 Seção Estratigráfica em Encosta do Morro do Calvário

O Morro do Calvário encontra-se no Bairro da Cango, cidade de Francisco Beltrão. Nessa seção estratigráfica Paisani (2005) e Biral (2005) identificaram quatro unidades coluvionares fácies proximal (Figura 11), limite alta e média encosta, cujas propriedades serão resumidas a seguir.

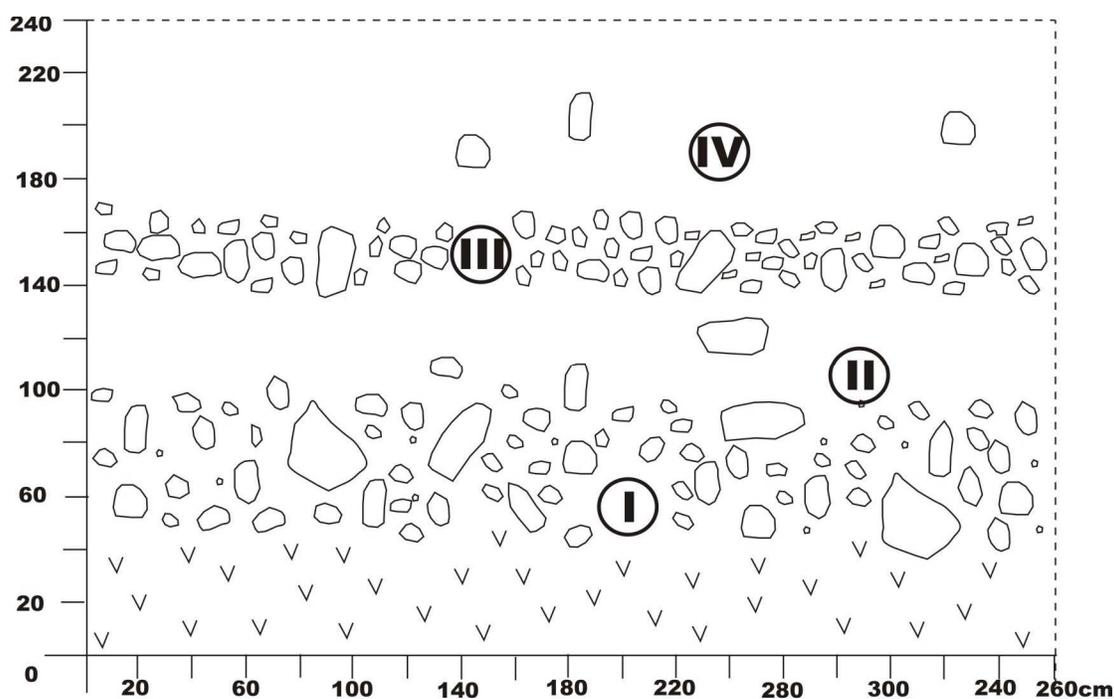


Figura 11: Seção estratigráfica da encosta do Morro do Calvário (Adaptado de BIRAL, 2005).

Na base do depósito coluvial registra-se o topo de um derrame básico com estrutura amigdaloidal/visicular com elevado grau de alteração. A unidade I tem como principal característica um aglomerado de seixos, pobre de matriz, em média com eixo maior variando entre 2 a 18 cm. Essa unidade possui alguns clastos suportados e dispostos com eixo maior em direção à encosta.

A unidade II corresponde a colúvio com seixos centimétricos distribuídos aleatoriamente na matriz, exibindo um pequeno córtex de alteração entre 0,5 a 1 cm de espessura. Já a unidade III é semelhante à unidade I, corresponde também a um aglomerado de seixos, porém com menor concentração de clastos cujo eixo maior é de 2 a 8 cm e completamente alterados.

A unidade IV possui características semelhantes à unidade II. Exibe alguns seixos completamente alterados, mas na maioria dos casos apenas com grau de alteração restrito a um córtex milimétrico, distribuídos aleatoriamente em sua matriz.

Em geral, percebe-se um depósito de colúvio assentado diretamente sobre o topo de um derrame com elevado grau de alteração. A base do depósito está em inconformidade erosiva com o substrato e é nitidamente delimitada por uma cascalheira, a unidade coluvial I. Outra cascalheira mais delgada, com característica de linha de pedras, unidade III, ocorre separando duas unidades coluviais (II e IV). Percebe-se que a unidade II incorporou clastos da cascalheira, sobretudo em sua base, durante a deposição, sugerindo eventos deposicionais distintos. Já a unidade coluvial IV exibe matriz suportada com clastos tamanho seixo dispostos aleatoriamente, sugerindo que também foi gerada por evento distinto. Assim, as quatro unidades coluvionares devem ter sido geradas em momentos distintos de morfogênese.

### **5.1.2 Seção Estratigráfica em Encosta do Bairro São Cristóvão**

A seção estratigráfica da encosta do Bairro São Cristóvão foi exposta após abertura de uma rua para instalação de loteamento (Foto 01). O assoalho da rua exibe afloramento de topo de derrames basáltico, como evidenciado pela estrutura amigdaloidal/vesicular e

alterado. A partir do assoalho da rua identificou-se três unidades coluvionares fácies proximal, limite inferior da alta encosta, que serão descritas a seguir (Figura 12).



Foto 01: Seção estratigráfica da encosta no Bairro São Cristóvão, Francisco Beltrão (Foto Geremia 2007).

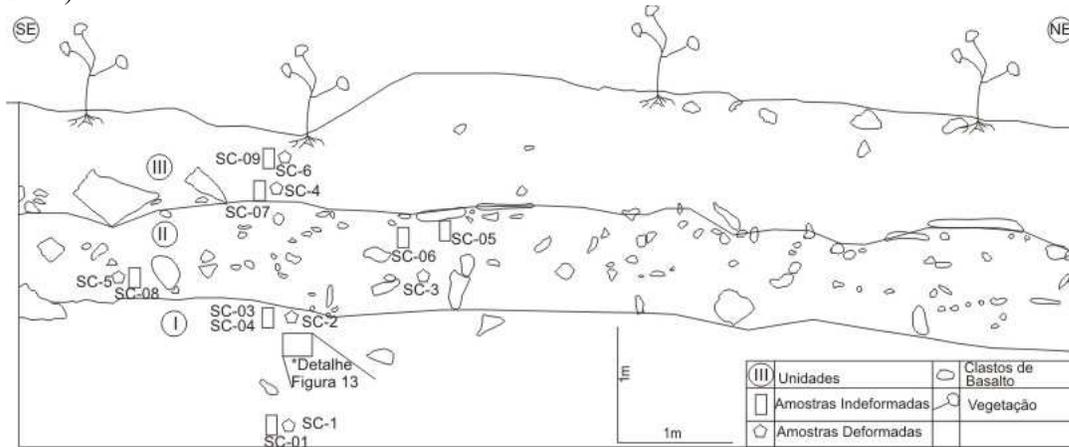


Figura 12: Seção estratigráfica da encosta no Bairro São Cristóvão, Francisco Beltrão.

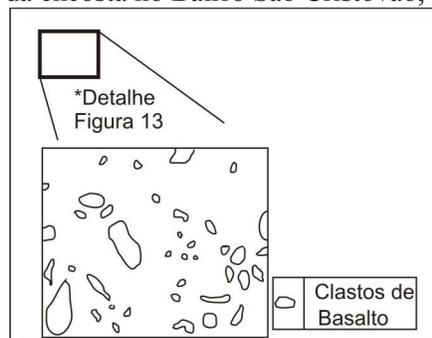


Figura 13: Detalhe da Unidade I da Seção estratigráfica da encosta no Bairro São Cristóvão, Francisco Beltrão.

A unidade I encontra-se na base da seção, possui matriz cor avermelhada (2.5YR4/6), com 25% de manchas, sendo que 80% das manchas correspondem tanto a fantasmas de rocha quanto litorelíquias de basalto completamente alteradas, classe I da classificação de Pontelli (1998). As demais manchas (20%) mostram-se com cor marrom (7.5YR4/2) a marrom escuro (7.5YR4/4) e são constituídas pela concentração de umidade junto a fendas no material e buracos de raízes da vegetação que colonizou a seção estratigráfica. Registra-se 2% de clastos de calcedônia tamanho seixo fino a médio. Bioturbação é recente e moderada, enquanto que a estratificação é ausente (estrutura maciça).

O material grosso (grânulo a seixo médio) é predominantemente alongado e disposto aleatoriamente em uma matriz suportada polimodal (Figura 12). Devido ao alto grau de alteração do material grosso, não foi possível verificar o grau de arredondamento e esfericidade. Até o momento não é possível saber se o material clástico grosso já veio alterado da origem, indicando que a unidade I corresponde a uma unidade colúvio, ou são remanescentes da alteração da base do derrame basáltico que esteve sobreposto a zona estrutural amigdaloidal/vesicular identificada no assoalho da rua, indicando um perfil de alteração bem evoluído. Essa questão será verificada com a análise micromorfológica.

A unidade II se encontra sotaposta a unidade I (Figura 12), cujo contato é claro sinuoso. Essa unidade individualiza-se pela presença de clastos de basalto com tamanho seixo a bloco em uma matriz suportada polimodal. Em relação a fábrica, registra-se apenas o topo com alguns clastos imbricados transversalmente a um possível fluxo, com atitude de 20° S. A camada mostra-se sem estratificação (estrutura maciça) e gradação. Não foram encontrados nessa unidade indícios de bioturbação e raízes, além daquelas que ocupam a atual parede da seção. A matriz se apresenta com cor avermelhada (2.5 YR 4/6). Em

relação aos clastos grossos (seixos e blocos), estes são de basalto com estrutura maciça, arredondados/subangulosos e grau de alteração restrito a um cômplexo levemente descolorido, correspondendo à classe III de Pontelli (1998). Chama a atenção nesta unidade a aparente disposição imbricada dos seixos e blocos no topo da camada, sugerindo que esses clastos foram parcialmente retrabalhados pelo escoamento superficial antes da deposição da unidade superior.

Por fim, sobre a unidade II assenta-se a unidade III com contato claro sinuoso (Figura 12). Comparando com a unidade anterior, é nítido sua individualização pela redução da concentração de clastos grossos (seixo e bloco), embora também apresente uma matriz suportada polimodal. Os clastos são de basalto com baixo grau de alteração, correspondendo aos níveis de alteração, respectivamente, III e IV da classificação de Pontelli (1998). Em relação à matriz, esta mostra-se argilosa com cor bruno avermelhada (5YR4/4), sugerindo uma impregnação de matéria orgânica, possível horizonte pedológico (horizonte Ap), ausência de fábrica, estratificação (estrutura maciça) e gradação. Registra-se raízes e porosidade tubular milimétrica. Comparando a disposição dos clastos desta unidade em relação ao da unidade II, percebe-se que na zona de contato os clastos estão assentados de forma angular, levando a pensar que os seixos e blocos da base da unidade III rolaram antes da deposição.

## **5.2 DETERMINAÇÕES LABORATORIAIS**

### **5.2.1 Textura/Estrutura**

As características da textura e estrutura das unidades são classicamente apontadas como elementos de inferência dos processos deposicionais. Tais características foram

previamente definidas pela descrição das seções estratigráficas em campo e estão sintetizadas nos estratotipos das figuras 14 e 15.

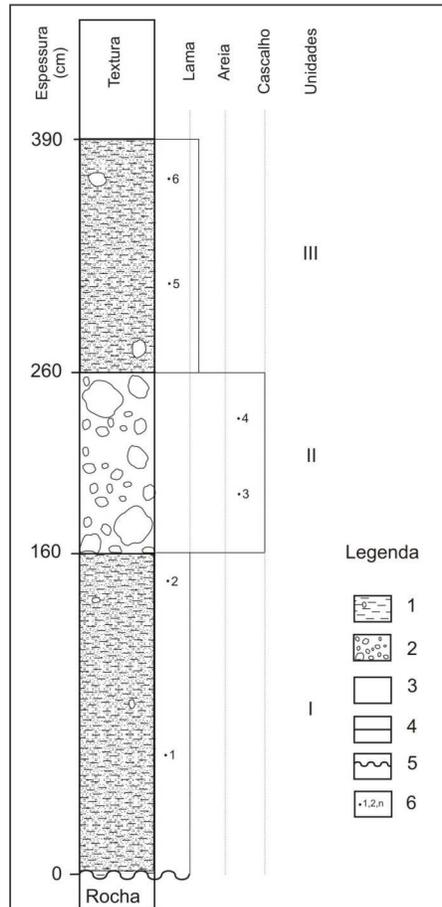


Figura 14: Estratotipo da seção São Cristóvão. 1- lama cascalhenta. 2 – cascalho lamoso com matriz suportada. 3 – estrutura maciça. 4 – limite abrupto. 5 – limite erosivo. 6 – amostragem.

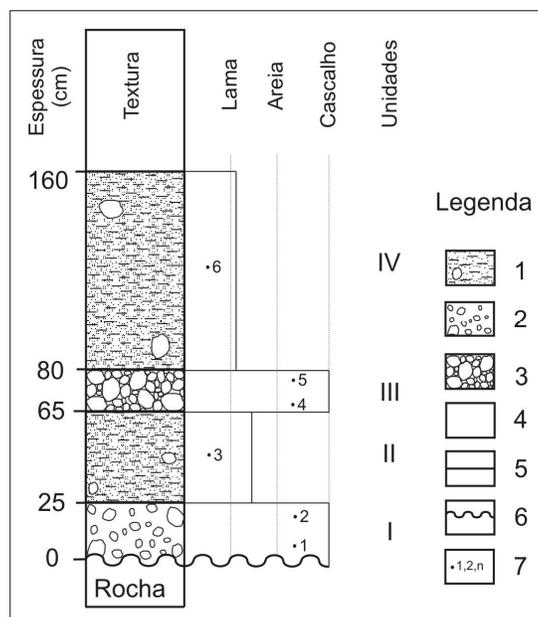


Figura 15: Estratotipo da seção Morro do Calvário. 1- lama cascalhenta. 2 – cascalho lamoso com matriz suportada. 3 – cascalho lamoso com clastos suportados. 4 – estrutura maciça. 5 – limite abrupto. 6 – limite erosivo. 7 – amostragem.

Utilizando-se da nomenclatura de Ghibaudo (1992) individualizou-se dois grupos faciológicos gerais: cascalho lamoso (*muddy gravel* - MyG) e lama cascalhenta (*gravelly mud* - GyM), ambas com estrutura maciça (*massive muddy gravel* - mMyG e *massive gravelly mud* - mGyM). No caso das fácies cascalho lamoso, registra-se unidades com matriz suportada ( $m_1$ MyG) e com clastos suportado ( $m_2$ MyG). Conforme Ghibaudo (1992) ambos os grupos faciológicos seriam gerados por uma sedimentação em massa de fluxo de detrito. Em relação aos subgrupos do cascalho lamoso, se individualizam um do outro pelo grau de dispersão dos cascalhos (coesivo e não coesivo). De fato, as unidades coluviais foram geradas pela deposição de material laterítico gerado no ambiente de encosta, sendo rico em lama e cascalho, conforme a evolução pedológica do material de origem. No caso das unidades de cascalho lamoso com clastos suportados a literatura clássica associa a ação de processos erosivos pós-deposicionais que removeriam a matriz e concentrariam os clastos mais grossos (BIGARELLA *et al.*, 1994).

Em relação a fração lama das unidades coluvionares, de ambas as seções, procedeu-se a classificação textural plotando-se os percentuais da granulometria nos diagramas triangulares de Shepard (SUGUIO, 1971) e Flemming (OLIVEIRA & LIMA, 2004) (Figuras 16 e 17).

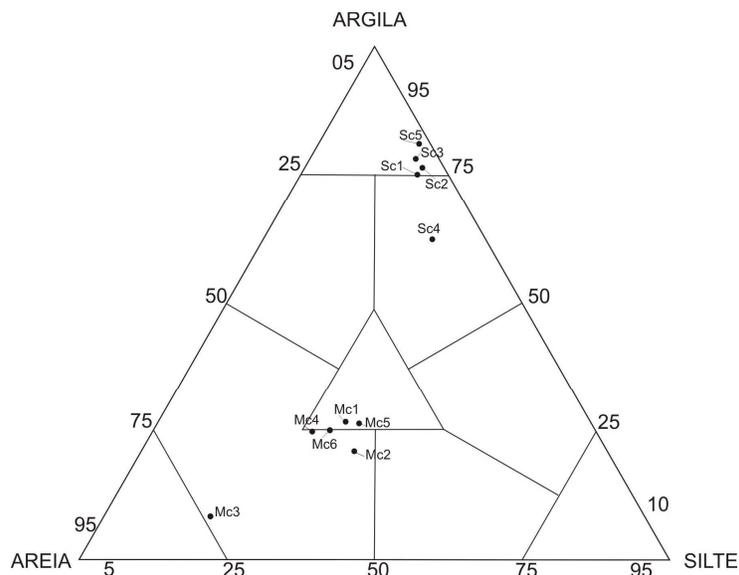


Figura 16: Diagrama Triangular de SHEPARD. SC – Seção São Cristóvão. MC - Seção Morro do Calvário.

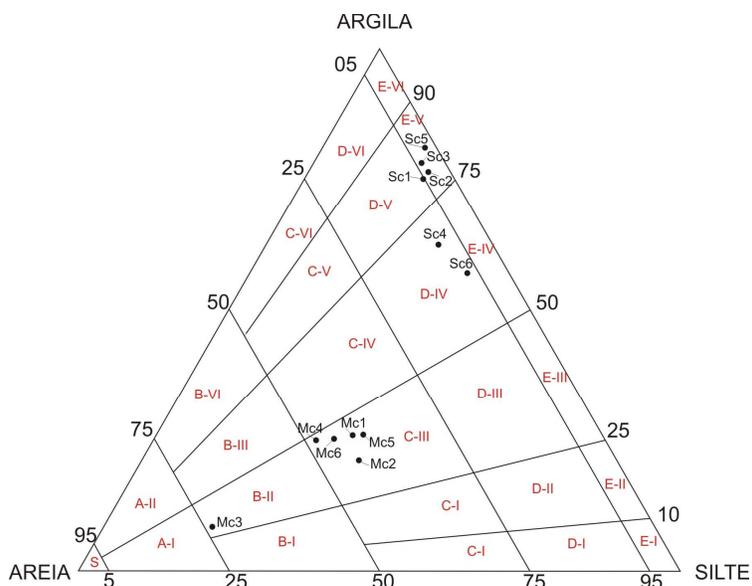


Figura 17: Diagrama Triangular de FLEMMING. SC – Seção São Cristóvão. MC - Seção Morro do Calvário.

Os percentuais das amostras das unidades da seção São Cristóvão, plotadas no diagrama de Shepard, sugere as classes texturais: argila (SC 2, 3, 5), argila siltosa (SC 4) e argila/argila siltosa (SC 1). Já em relação às amostras das unidades do Morro do Calvário o diagrama sugere as classes texturais: areia siltosa (MC 2, 3 e 4), areia-silte-argila (MC 1 e 5) e areia-silte-argila/areia siltosa (MC 6). Percebe-se que as unidades coluviais da seção São Cristóvão apresentam a matriz com predomínio de argila e silte, enquanto que as unidades da seção do Morro do Calvário exibem matriz com significativa presença de areia.

Os mesmos percentuais das unidades plotados no diagrama de Flemming sugerem uma matriz areia siltosa (B-II), lama arenosa siltosa (C-III), lama levemente arenosa argilosa (D-IV), lama levemente arenosa muito argilosa (D-V), argila levemente siltosa (E-V). Esse diagrama foi utilizado por Oliveira & Lima (2004) para verificar se parâmetros sedimentológicos permitem determinar o regime hidrodinâmico dos depósitos de colúvio em ambiente de cabeceira de drenagem. Hipoteticamente as unidades com aumento da proporção de lama implicam em fluxos cada vez mais viscosos, enquanto que o aumento da proporção de areia representariam fluxos difusos associados ao escoamento superficial. Por outro lado, as propriedades texturais da matriz podem refletir apenas o grau de evolução pedológica do material de origem que forneceu sedimentos para as unidades coluviais.

Enfim, a estrutura das unidades coluviais indicam que os depósitos foram gerados por deslizamento ou escorregamento, cujos fluxos tiveram alta concentração de sedimentos e que a componente água esteve presente no processo deposicional. Até o momento pode-se individualizar a categoria do movimento de massa: a) fluxo de terra para as unidades I e III da seção São Cristóvão e II e IV da seção Morro do Calvário; e b) fluxo de detritos para as unidades II da seção São Cristóvão e I da seção Morro do Calvário. No caso da unidade III da seção Morro do Calvário, cascalho lamoso com matriz areia siltosa, é mais provável de

estar relacionada ao processo deposicional do que ao retrabalhamento da unidade como classicamente se postula na literatura. É pouco provável que o escoamento superficial tivesse concentração e energia suficiente para dissociar a argila da fração lama em um ambiente de encosta próximo a área fonte. Neste caso, as propriedades texturais da matriz refletem apenas o grau de evolução pedológica do material de origem que forneceu sedimentos para as unidade coluvial.

### **5.2.2 Mineralogia da Fração Argila**

A mineralogia da fração argila das unidades coluviais são apresentadas nos difratogramas de raio-x das figuras 18 e 19. Em relação à Unidade I (A1 SC) da seção estratigráfica São Cristóvão percebe-se que exibe reflexos médios para ângulos abaixo de  $10^{\circ}2\theta$  nas determinações orientada, glicolada e aquecida (Figura 18). Nesses locais registra-se uma sutil diminuição da distância interplanar, de 1,414 a 1,425 nm, sendo interpretado como reflexo de argilominerais do grupo da clorita. Os argilominerais desse grupo são do tipo 2:1:1 e resultam da alteração da biotita, horblenda e piroxênio em rochas magmáticas (WERNICK, 2004 p.43-44) tanto pelo intemperismo (clorita secundária) quanto por processos hidrotermais (clorita primária). É raro encontrar argilominerais do grupo da clorita em solos derivados do intemperismo do basalto, o que levaria a se pensar que a clorita seria um mineral primário herdado do basalto.

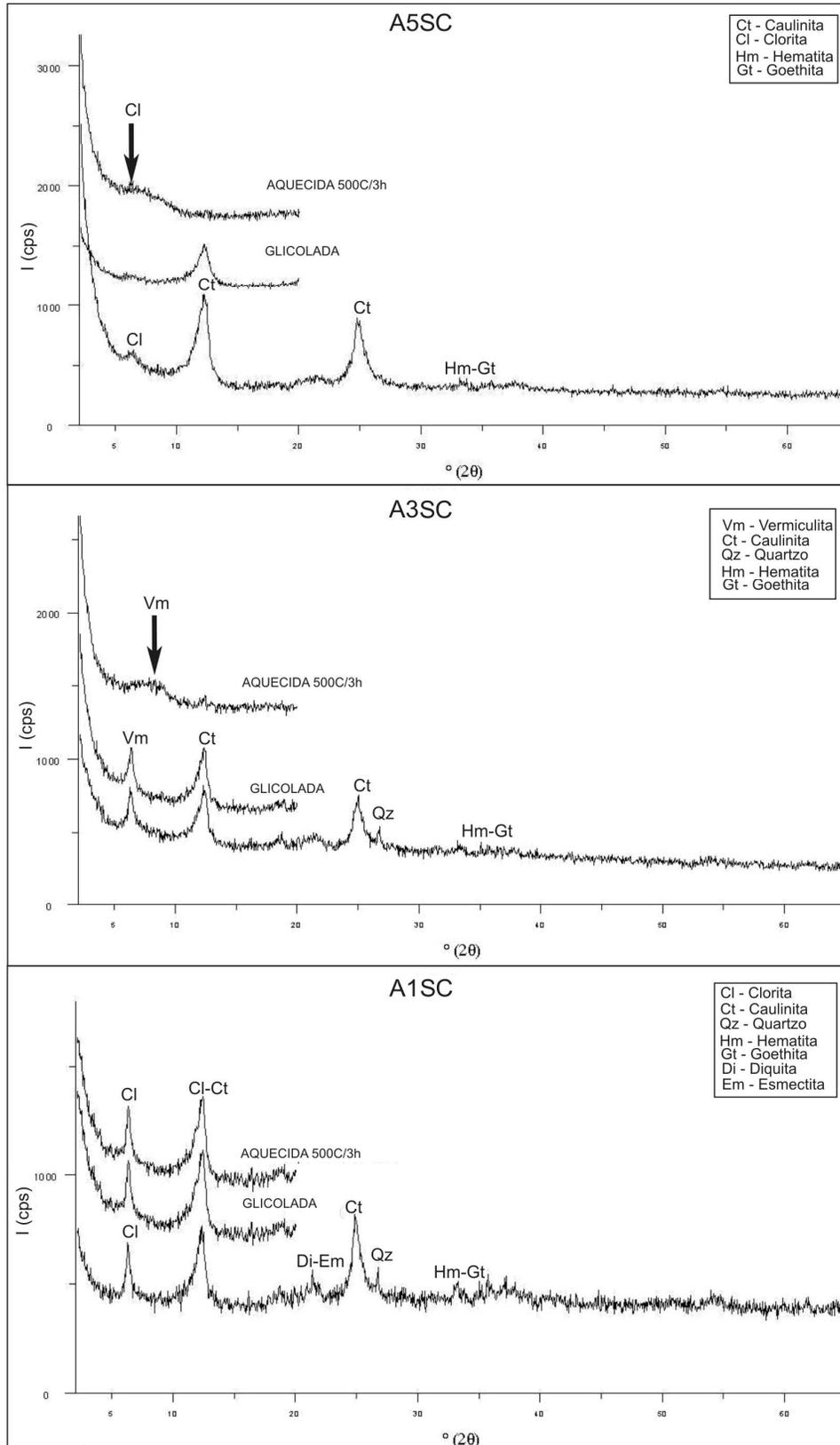


Figura 18: Difratoograma de Raio X da Fração Argila da encosta do bairro São Cristóvão.

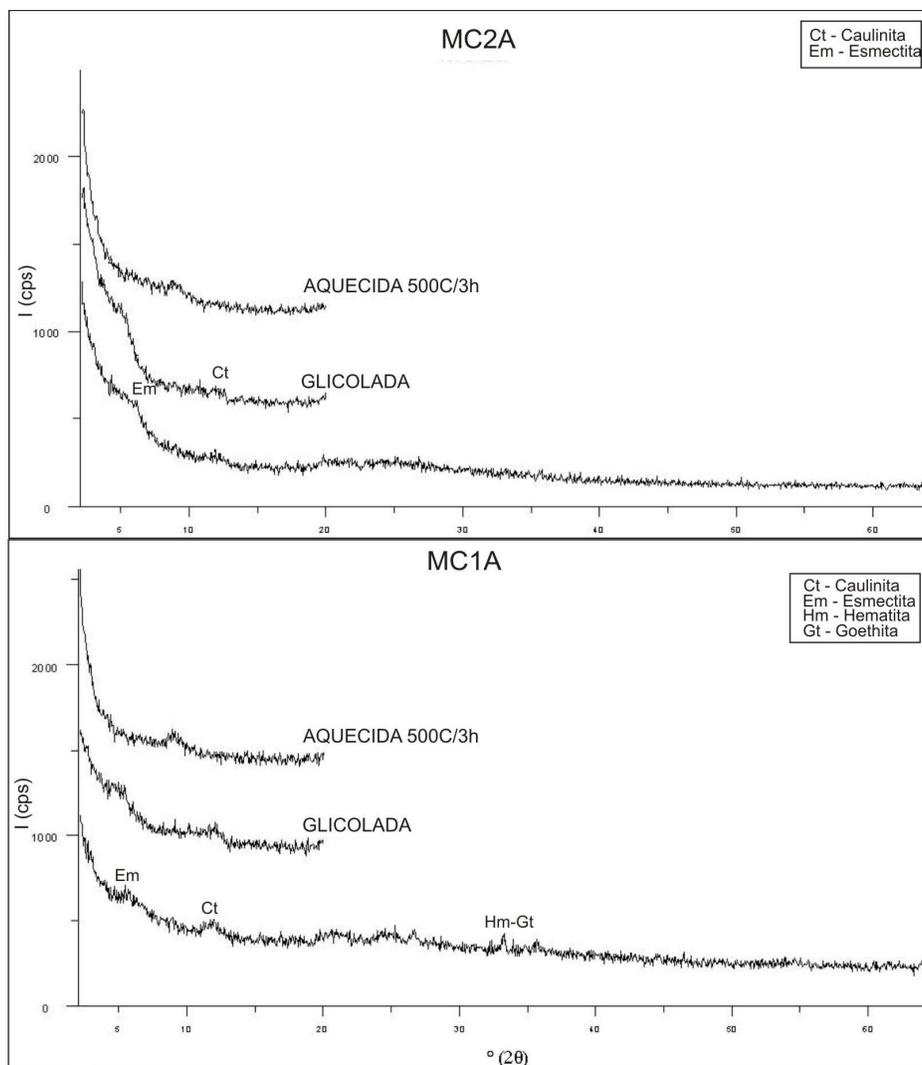


Figura 19: Difratoograma de Raio X da Fração Argila da encosta do Morro do Calvário.

Por outro lado, o basalto é gerado por derrames do magma, em condições superficiais, estando disprovido de processos hidrotermais que geralmente ocorrem em elevadas profundidades na crosta. Assim, acredita-se que os reflexos médios de clorita indicam a presença de um argilomineral 2:1:1 associado a alteração supérgena.

Outros reflexos médios são identificados entre os ângulos de 10 e 15 °2θ, com distâncias interplanares de 0,740 a 0,728 nm. Esses resultados são indícios de argilominerais do grupo da clorita, ao mesmo tempo que as distâncias planares entorno de

0,74 nm apontam para presença de argilominerais do grupo de caulinita. Porém, esse último grupo de argilomineral não exibe reflexo na determinação por aquecimento. Tal resultado aponta para argilominerais do grupo da clorita interestratificados (misturados) com argilominerais do grupo da caulinita. Argilominerais do grupo da caulinita são gerados pelos processos de alteroplasmação ou pedoplasmação (neoformados). Nesse caso, a interestratificação de argilomineral do grupo da clorita (2:1:1), previamente identificado como de origem supérgena, com outro argilomineral do grupo da caulinita (1:1) sugere que essa interestratificação é produto da pedoplasmação. Situação similar ocorre em outro reflexo de baixa intensidade identificado para ângulos entre 20 e 25 °2θ, cuja distância interplanar (0,415 nm) sugere a ocorrência de diquita-esmectita (1:1-2:1).

Um reflexo médio na amostra orientada é registrado com ângulo de 25 °2θ e distância interplanar de 0,356 nm. Esse resultado sugere a presença da caulinita desordenada (RESENDE *et al.*, 2005, p.76). Logo em seguida, entre os ângulos de 25 e 30 °2θ, com distâncias interplanares de 0,332 nm, registra-se com baixo reflexo o quartzo, mineral primário. O baixo reflexo associado a um pico agudo sugere pouca quantidade desse mineral primário na fração argila.

Baixos reflexos e picos largos registram a presença de hematita-goethita entre os ângulos de 30 e 35 °2θ, com distâncias interplanares entre 0,271 e 0,269 nm.

Percebe-se na unidade I os argilominerais do grupo da clorita (2:1:1) e da caulinita (1:1), por vezes interestratificados entre si e em menor grau com esmectita (2:1). Registra-se quartzo e hematita-goethita.

Na Unidade II (A3 SC) da seção estratigráfica São Cristóvão percebe-se que exibe reflexos médios para ângulos abaixo entre 5 e 10°2θ nas determinações orientadas e glicolada, cujas distâncias interplanares foram de 0,139 e 0,141 nm (Figura 18). A ausência

de reflexos médios na determinação aquecida e redução da distância interplanar para 0,107 nm com deslocamento no ângulo para mais próximo de  $10^{\circ}2\theta$  aponta para presença do argilomineral vermiculita (2:1). Igualmente, registra-se reflexos médios entre  $10$  e  $15^{\circ}2\theta$  nas determinações orientada e glicolada, cujas distâncias interplanares foram de cerca de 0,715 nm, e ausência de reflexo na determinação aquecida. Esse argilomineral ocorre novamente com reflexo médio e largo a  $25^{\circ}2\theta$  e com distância interplanar de 0,356 nm. O espaçamento regular e as distâncias interplanares apontam para o argilomineral caulinita nos dois reflexos. Em comparação com os reflexos de caulinita da unidade I, percebe-se que os reflexos desse argilomineral na unidade II são menores que na unidade I, apontando para uma menor quantidade e ou maior desordem da caulinita na unidade II.

Assim como na unidade I, entre os ângulos de  $25$  e  $30^{\circ}2\theta$ , com distâncias interplanares de 0,335 nm registra-se com baixo reflexo o quartzo, mineral primário, e a presença de hematita-goethita com baixos reflexos entre os ângulos de  $30$  e  $40^{\circ}2\theta$ , cujas distâncias interplanares entre 0,271 e 0,252 nm.

Em síntese, percebe-se na unidade II os argilominerais vermiculita (2:1) e caulinita (1:1) com reflexos médios, sem interstratificação, além de quartzo e hematita-goethita já identificados na unidade anterior. A caulinita com reflexo médio e distância interplanar larga a  $25^{\circ}2\theta$  aponta para caulinita desordenada. A presença de vermiculita e caulinita desordenada aponta para um material de pouca evolução geoquímica em relação a unidade I a qual registrou clorita e caulinita com interstratificação da última com esmectita.

A Unidade III (A5 SC) da seção estratigráfica São Cristóvão apresenta baixo e largo reflexo de argilominerais do grupo de clorita entre  $5$  e  $10^{\circ}2\theta$  (Figura 18). Sendo mais expressivo na determinação orientada, cuja distância interplanar varia 0,147 e 0,137 nm. A caulinita exibe reflexos médios com picos assimétricos nos ângulos de  $12,22$  e  $24,86^{\circ}2\theta$ ,

com distâncias interplanares de 0,723 e 0,358 nm. Não se registra o quartzo, como verificado nas unidades anteriores, mas hematita-goethita entre os ângulos de 30 e 35 °2θ, com distâncias interplanares de cerca de 0,270 nm.

Enfim, os baixos e largos reflexos de argilominerais do grupo da clorita na unidade III apontam para uma pequena quantidade desse grupo na matriz dessa unidade coluvial. Os médios reflexos com picos assimétricos da caulinita sugerem que a mesma se encontra de forma desordenada.

Em relação à seção estratigráfica Morro do Calvário, a mineralogia da fração argila mostra-se similar para as Unidades II (MC1A) e IV (MC2A) (Figura 19). Registram-se baixos e largos reflexos de argilominerais do grupo da esmectita e caulinita entre 5 e 15°2θ, com respectivas distâncias interplanares de 0,151 e 0,745 nm (Figura 19). Não se registra o quartzo, como verificado nas unidades da seção São Cristóvão, mas hematita-goethita entre os ângulos de 30 e 35 °2θ, com distâncias interplanares de cerca de 0,270 nm, apenas na unidade II. Esses reflexos dos argilominerais de ambas as unidades apontam para um aspecto importante. A fração argila das unidades coluvionares da Seção Morro do Calvário exhibe material em estágio inicial de alteração, com a simultânea ocorrência de esmectita (2:1) e caulinita (1:1).

### **5.2.3 Descrição Micromorfológica/microfábrica**

Como já dito anteriormente, a micromorfologia possui várias aplicações, dentre elas o estudo da gênese e alteração de solos atuais, paleossolos, colúvios e demais depósitos sedimentares atuais ou passados (MÜCHER & MOROZOVA, 1983).

Neste trabalho, onde são estudadas unidades coluvionares, a técnica utilizada para verificar as microestruturas que possibilitassem identificar processos deposicionais, feições que indiquem possível retrabalhamento das unidades coluvionares e transformações pós-deposicionais.

### **5.2.3.1 Seção São Cristóvão**

#### **5.2.3.1.1 Unidade I**

Em relação a micromorfologia da unidade I da seção São Cristóvão, foram descritas duas lâminas delgadas, denominadas de SC-01 e SC-02.

Em relação a SC-01, verifica-se ausência de pedalidade. Devido à contração e expansão natural do material, registra-se localmente blocos sub-angulares arredondados. Os poros, na sua maioria, são planares fissurais (70%) com paredes irregulares, ocorrendo, também, poros vesiculares (20%) e alvéolares (10%). Em recorrência das fissuras a microestrutura caracteriza-se como rachaduras. A lâmina mostra, de modo geral, distribuição relativa porfírica parcialmente aberta, na qual as partículas maiores distribuem-se numa matriz de material bem mais fino. A orientação plásmica é indiferenciada, apresentando localmente sutil orientação manchada. Na lâmina ocorrem pedofeições de impregnação mátricas. Nestas registra-se predominantemente ferriargilãs, herdadas do material de origem, e nódulos em pequena proporção (2%), relacionados a reorganização plásmica pós-deposicional. As pedofeições de depleção também são mátricas na forma de hipocutãs, pouco freqüentes, associados a poros e depleção na matriz e as de agregados são hipocutã (Figura 20 A, B). As acumulações plásmicas de origem intrusivas são de preenchimento, cutãs e micropans. As primeiras são finas e contínuas preenchendo

pedotubulos, já os cutãs e micropans (menos de 2%) estão associados a poros biológicos e, em alguns casos, a poros fissurais. As feições herdadas do material de origem ocorrem na lâmina na forma de alterorrelíquias, pedorrelíquias e nódulos litomórficos (Figura 20 C, D).

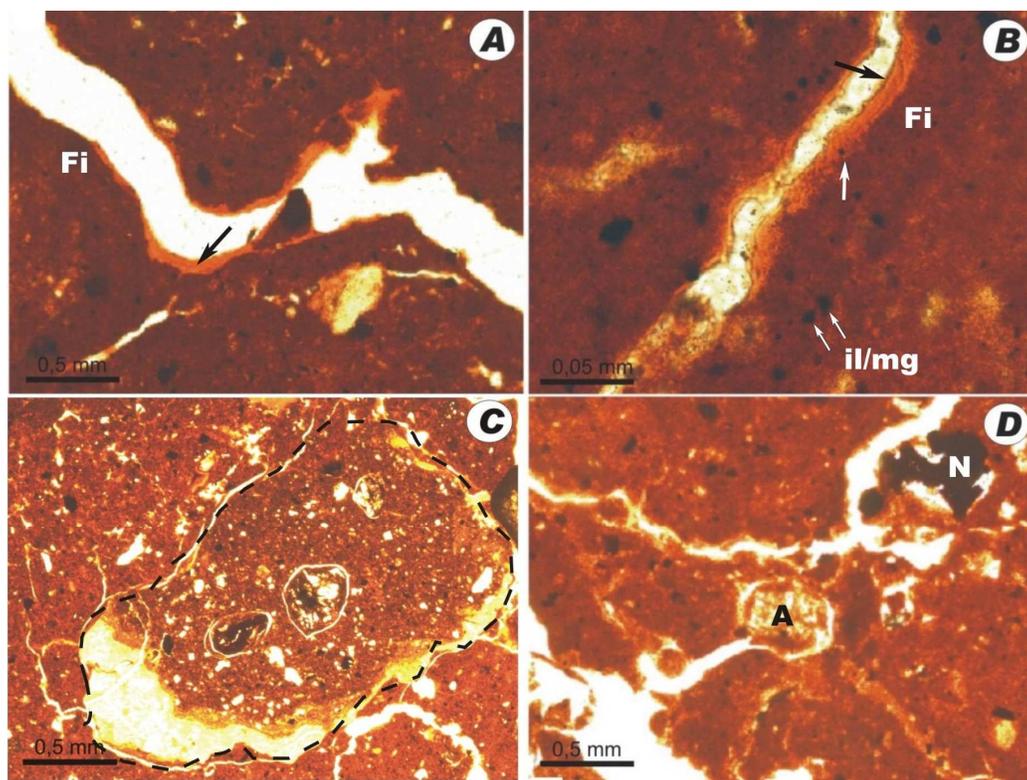


Figura 20: Imagens da lâmina SC-01 referente a unidade I da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação (Fi) e acumulação (seta); B: Feições de impregnação (Fi), hipocutã (seta branca) e cutã de acumulação (seta preta); C: Pedofeição – fragmento de horizonte pedológico incorporado na matriz da unidade coluvial e D: Nódulo (N) e alteroreliquia (A).

A lâmina SC-02 é semelhante a SC-01, se diferenciando pela presença de hipocutãs de impregnação de ferro junto aos poros e depleção de ferriargilãs no interior da matriz e dos agregados e pedotubulos preenchidos (Figura 21 A, B e D). As acumulações plásmicas intrusivas de preenchimento se mostram de forma fina e descontínua, enquanto os cutãs de acumulações plásmicas, menores que 2%, estão associados a poros biológicos. As feições herdadas do material de origem também são na forma de pedorrelíquias (nódulos pedológicos), alteroreliquias e nódulo litomórfico (Figura 21 B, C, D).

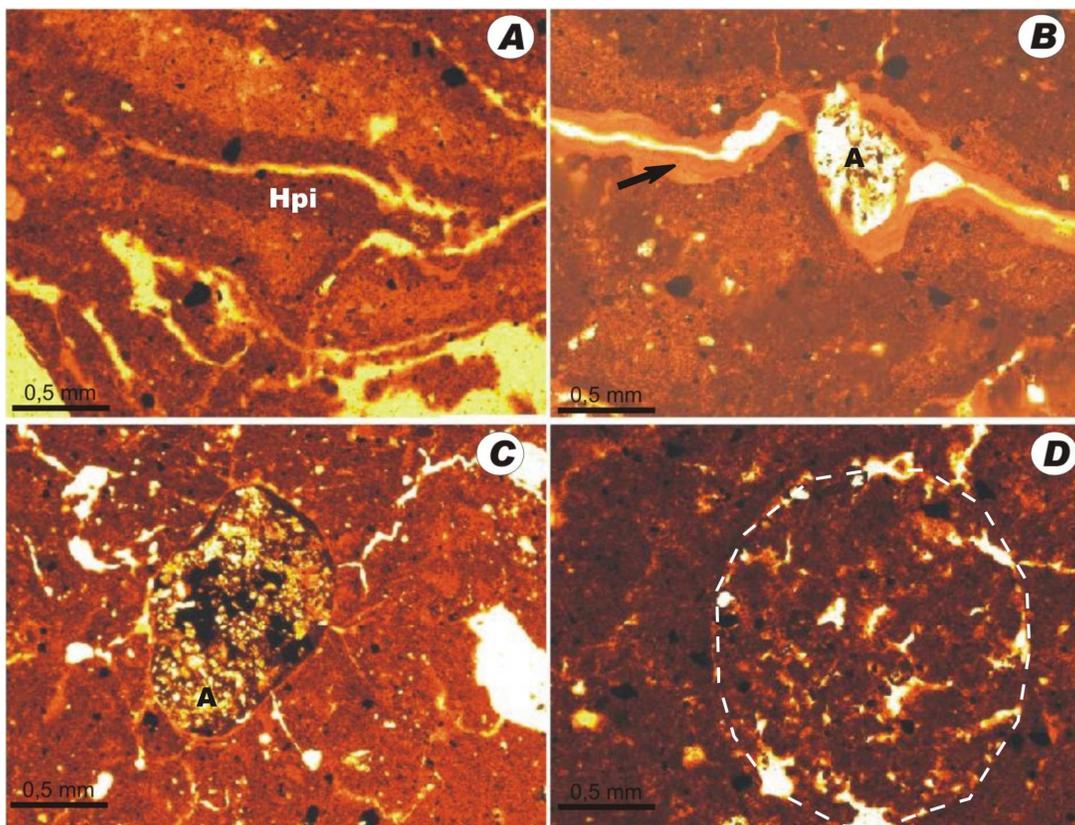


Figura 21: Imagens da lâmina SC-02 referente a unidade I da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação gerando hipocutã de impregnação (Hpi); B: Feições de impregnação (seta) e alteroreliquia (A); C: Alteroreliquia no centro da imagem (A) e D: Pedotubulo preenchido.

### 5.3.3.1.2 Unidade II

Na unidade II da seção São Cristóvão foi descrita a lâmina delgada denominada SC-A8. O material que está sendo mostrado a partir da lâmina, registra também ausência de pedalidade. Os poros, assim como nas lâminas anteriores, são na maioria planares fissurais (80%), mas ocorrem também os vesiculares (10%) e alveolares (10%). A microestrutura do material apresenta-se também como rachaduras. Sua estrutura de base é porfirica parcialmente aberta. A orientação plásmica é indiferenciada. As pedofeições de impregnação mátricas são ferriargilãs, herdadas do material de origem, e nódulos mátricos, gerados pela reorientação plásmica pós-deposição da unidade coluvial. As pedofeições de

depleção mátricas são na forma de hipocutãs de depleção, assim como as lâminas anteriores. Percebe-se que o Fe migra em direção aos poros (depleção) gerando hipocutãs de impregnação (Figura 22 A, C). Ocorrem acumulações plásmicas intrusivas na forma de preenchimento e de cutãs. As de preenchimentos são finas e contínuas. Os cutãs são em pequenas proporções, menos de 2% de ocorrência. As feições herdadas do material de origem, assim como nas lâminas anteriores, são na forma de alterorelíquias, pedorelíquias e nódulos pedomórficos (Figura 22 B, C e D).

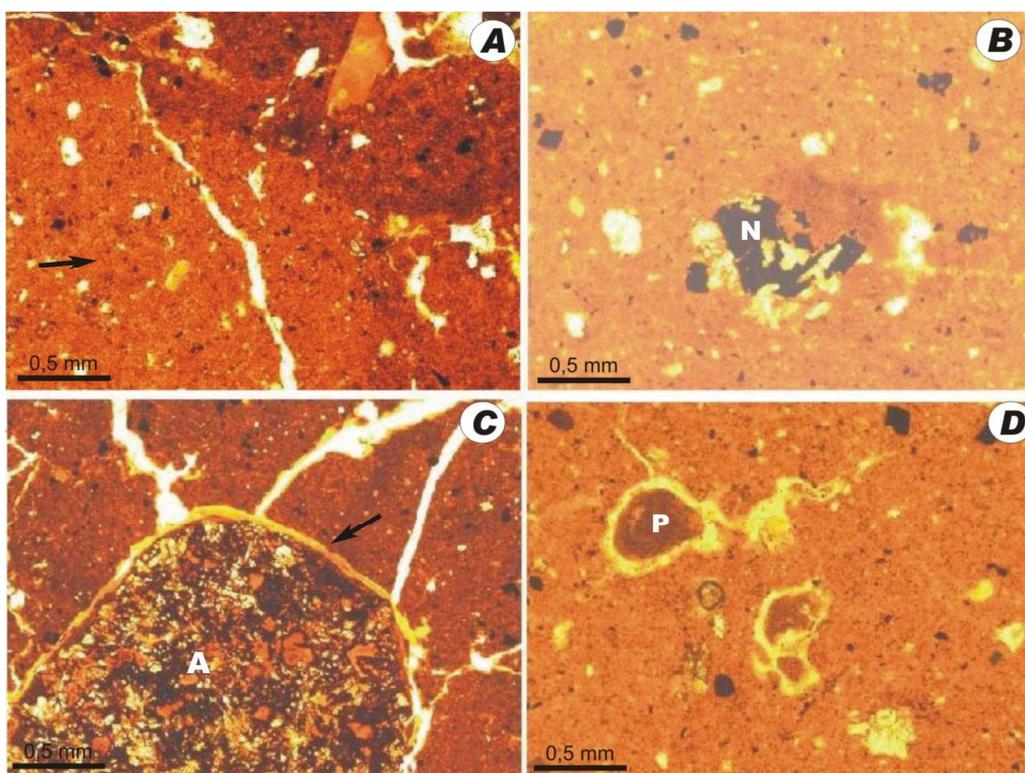


Figura 22: Imagens da lâmina SC-08 referente a unidade II da seção São Cristóvão. A: Feições de depleção (seta); B: Nódulo no centro da imagem (N); C: Alterorelíquia (A) e cutã de acumulação (seta) e D: Pedorelíquia herdada (P).

### 5.2.3.1.3 Unidade III

Em relação a micromorfologia da unidade III da seção São Cristóvão, foram descritas as lâminas delgadas denominadas de SC-07 e SC-09.

Em relação a lâmina delgada SC-07, a pedalidade, assim como nas lâminas anteriores, mostra-se ausente, porém localmente mostra-se fracamente desenvolvida em blocos sub-angulares. Os poros fissurais tem predominância (70%) (Figura 23 A), mas há presença abundante de microporos cavitários (30%). Sua microestrutura apresenta rachaduras reticuladas. A distribuição relativa da lâmina é porfírica, parcialmente aberta. A orientação plásmica é manchada com sutil orientação reticulada. As pedofeições de impregnação mátricas são ferriargilãs herdadas do material de origem; as pedofeições de impregnação de agregados são hipocutãs (Figura 23 A). As pedofeições de depleção mátricas são na forma de hipocutãs de poros associadas à depleção da matriz. As acumulações plásmicas de origem intrusivas são na forma de preenchimento finos, ora contínuos ora descontínuos, e cutãs. As feições herdadas do material de origem estão presentes em toda lâmina na forma de alterorelíquias, pedorelíquias e nódulos (Figura 23 C, D).

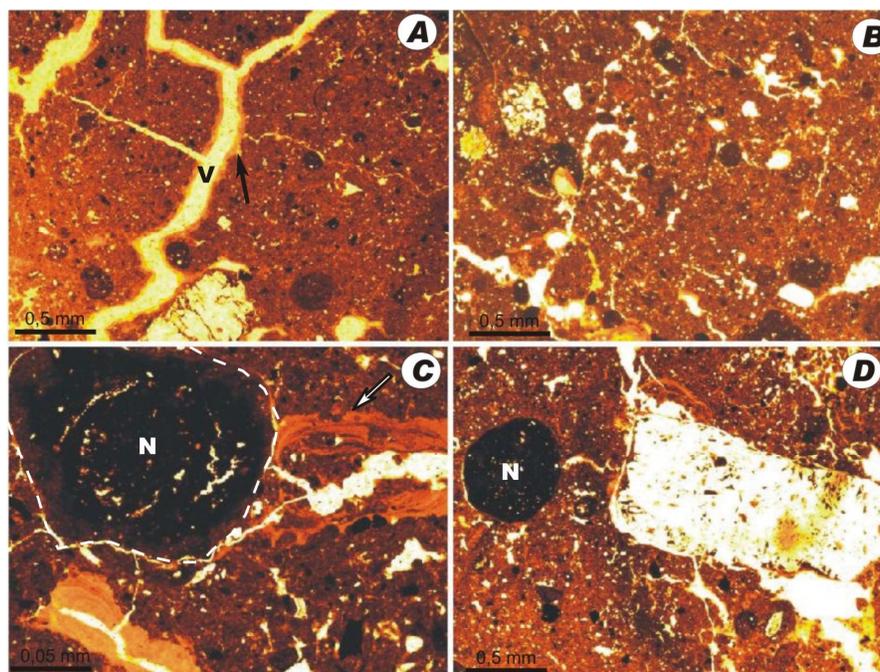


Figura 23: Imagens da lâmina SC-07 referente a unidade III da seção São Cristóvão. A: Poro Fissural (V) e cutã de acumulação (seta); B: Matriz com concentração de minerais; C: Nódulo (N) e feições de impregnação (seta) e D: Nódulo (N) e mineral anisotrópico, talvez feldspato.

A lâmina SC-09 é similar à lâmina SC-07, verifica-se ausência de pedalidade. Os poros planares fissurais são maioria (70%), os vesiculares (20%) e alveolares (10%). Sua microestrutura apresenta-se com rachaduras. A distribuição relativa da lâmina é porfirica parcialmente aberta. A orientação plásmica é indiferenciada. As pedofeições de impregnação são mátricas e de agregados, assim como nas anteriores, são ferriargilãs herdadas do material de origem e as de agregados são depleção na matriz (Figura 24 A). As acumulações plásmicas intrusivas de preenchimento são finos e contínuos e os cutãs de acumulação plásmica associados a poros biológicos (Figura 24 B). Ocorrem também feições herdadas do material de origem: alterorelíquias, pedorelíquias e nódulos (Figura 24 B).

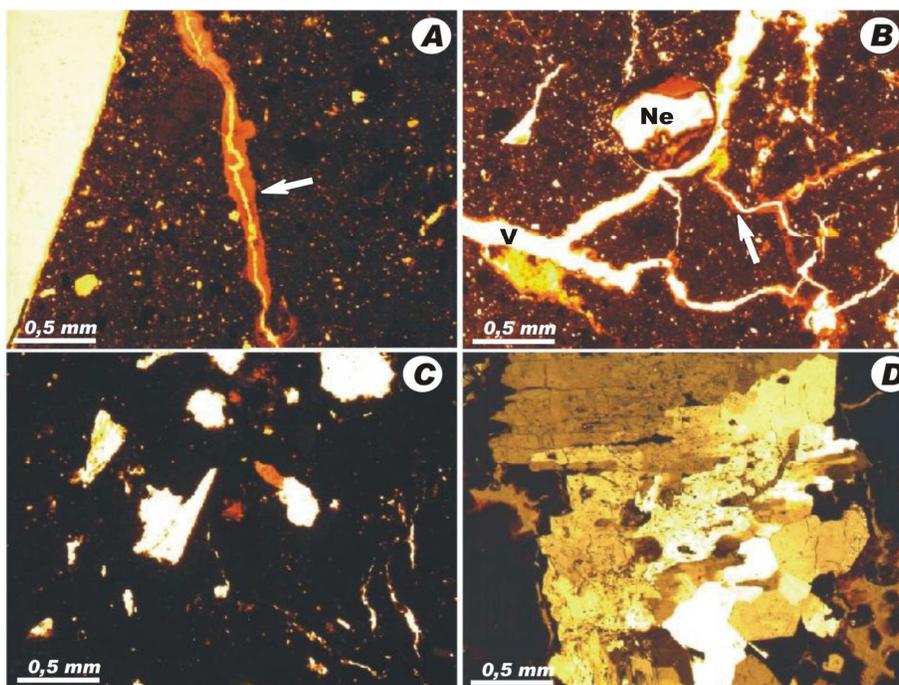


Figura 24: Imagens da lâmina SC-09 referente a unidade III da seção São Cristóvão. A: Feições de impregnação (seta); B: Nódulo herdado (Ne), poro fissural (V) e feições de depleção gerando hipocutã e cutã de acumulação (seta); C: Matriz com presença de minerais anisotrópicos e D: Mineral primário.

Alguns aspectos são importantes nas lâminas SC-07 e SC-09, em relação aquelas das unidades anteriores. Em ambas registra-se maior percentagem de esqueleto e presença

de minerais primários anisotrópicos (permitem a passagem da luz). Nas lâminas das demais unidades é comum esqueleto na forma de alterorelíquias e grãos de ilmenita/magnetita. Também, as lâminas mencionadas se diferenciam das demais pela cor mais escura (vermelho escuro tendendo a bruna escura), sobretudo a lâmina SC-09. Essa mudança de cor parece estar associada a impregnação da matriz das unidades coluviais por matéria orgânica, talvez associada a instalação da flora após o estabelecimento da última unidade coluvionar. Apresentam também concentração de argila em microporos cavitários. Esses dados mostram que as unidades coluviais da seção São Cristóvão passaram por pouca incidência de processos pedogenéticos, transformações pós-deposicionais. Fato que leva a pensar que o depósito de colúvio dessa seção é relativamente jovem, talvez do Holoceno recente.

### **5.2.3.2 Seção Morro do Calvário**

#### **5.2.3.2.1 Unidade II**

Na unidade II da seção Morro do Calvário foi descrita a lâmina delgada denominada FB-01.

A pedalidade mostra-se com um grau de desenvolvimento moderado. Apresenta maior porosidade que em relação às amostras das unidades da seção São Cristóvão. Os poros são, na maioria, do tipo canais e câmaras (alvéolos), indicando forte bioturbação (Figura 25 A, B) (CASTRO, 2002). Poros vesiculares também estão presentes em proporções maiores que nas unidades coluviais da seção São Cristóvão. Isso indica que havia significativa concentração de ar no movimento de massa que gerou a unidade coluvial (BERTRAND, & TEXIER, 1999). A microestrutura desta lâmina é do tipo

canal/cavitária, ocorrendo localmente a do tipo rachaduras. Nota-se estrutura de base porfirica-canal/cavitária, com orientação plásmica indefinida. Registra-se a ocorrência de pedofeições de impregnação de agregado do topo hipocutãs de ferrãs junto aos grãos do esqueleto. As feições herdadas do material de origem ocorrem na lâmina na forma de pedorelíquias (fragmentos de solo), alterorelíquias (fragmentos de rocha alterados) e nódulos pedomórficos (Figura 25 B, C, D).

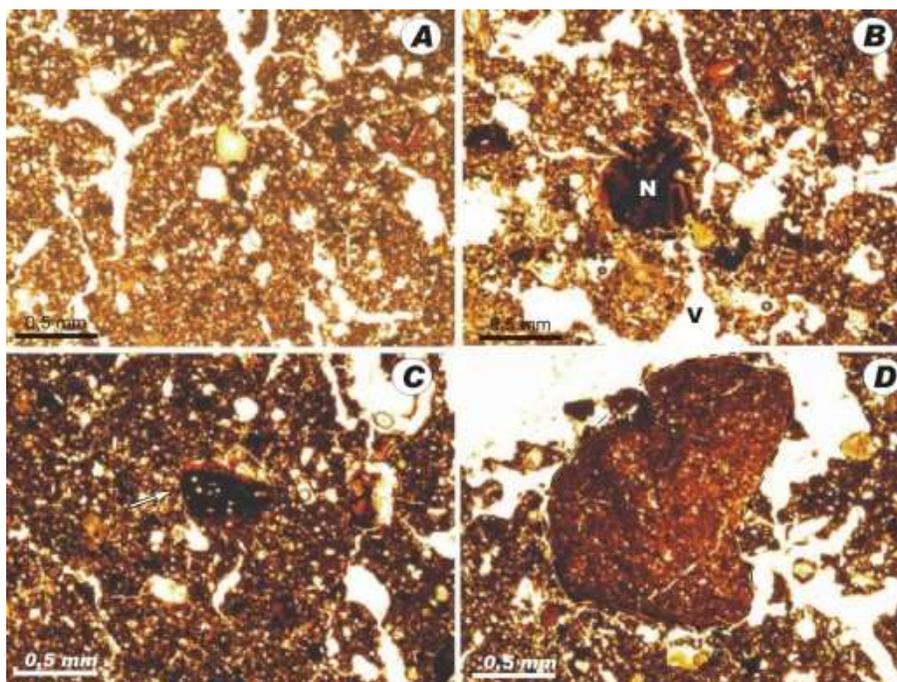


Figura 25: Imagens da lâmina FB-01 referente a unidade II do Morro do Calvário. A: Porosidade gerada pela bioturbação e esqueleto; B: Nódulo (N) e poros (V); C: Nódulo (N) e D: Pedorelíquia Herdada.

Em geral, a lâmina FB-01 apresenta uma maior percentagem de esqueleto que em relação às lâminas das unidades da seção São Cristóvão , o que confere ao material trama porfirica fechada tendendo a enaulica. Registra plasma de cor bruno a bruno escura por conta da concentração de matéria orgânica e localmente de ferrãs. Acumulações plásmica são raras, levando a pensar que esteja relacionada tanto a escasses de plasma quanto a pequena quantidade de argila dispersa em água.

Por fim, percebe-se que o material da unidade II da seção do Morro do Calvário passou por forte bioturbação e impregnação de matéria orgânica.

Em relação a unidade IV, problemas operacionais não permitiram extrair informações da microfábrica/micromorfológicas.

## **6 DISCUSSÃO E INFERÊNCIAS**

Com base nos resultados foi possível fazer algumas considerações a respeito das características da cobertura pedológica, fonte dos depósitos de colúvio e dos processos deposicionais. Com base nessas considerações é proposto um modelo evolutivo para as encostas estudadas.

### **6.1 COBERTURA PEDOLÓGICA FONTE DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIO**

Pelo fato dos depósitos se encontrarem no domínio da alta encosta, estes estão muito próximos da área fonte, refletindo nas suas propriedades, sobretudo espessura, textura e estrutura as características do material de origem.

Em relação à Seção São Cristóvão as unidades coluviais exibem mais de 1 m de espessura, sugerindo que a cobertura pedológica que gerou os depósitos, apresentava profundidade significativa, talvez de 3 a 5 vezes a espessura dessas unidades, pois com a remobilização e deposição do material há uma tendência de reduzir significativamente o volume do material de origem, no caso das coberturas pedológicas. Na seção do Morro do Calvário, as três unidades basais juntas, não chegam a 1 m de espessura, sugerindo que a cobertura pedológica que originou os depósitos era rasa e portanto, com pouca evolução pedológica.

A presença de cascalho nas unidades, em diferentes proporções, sugere que a alterita de origem das coberturas pedológicas, das duas seções exibiam isoalteritas (horizonte C) ricas em blocos de basalto com estrutura maciça. A ausência de lentes de caulinita incorporadas às unidades coluvionares aponta para uma passagem clara ou abrupta entre a

iso- e a aloterita (horizonte C/R). O estabelecimento das unidades em discordância erosiva com a aloterita, topo de derrame com estrutura amigdaloidal/vesicular, sugere que o *front* de intemperismo no domínio da encosta não estava paralelo a sua topografia, sendo paralelo apenas na superfície tabular de topo. A mineralogia da fração argila revelou minerais do grupo clorita + esmectita (2:1) e caulinita (1:1) com predomínio de reflexos médio na seção São Cristóvão e reflexos baixos na seção Morro do Calvário. Em relação à primeira, a ausência de reflexos altos de caulinita e a presença de gibsita demonstram que a cobertura pedológica que forneceu material para o depósito de colúvio estava em estágio de evolução moderado. Como se trata de material rico em óxihidróxido de ferro, cobertura laterítica, possivelmente represente o estágio de evolução fersialítico ou fersialítico para ferruginoso (DUCHAUFOR, 1997).

No caso da mineralogia da fração argila do depósito de colúvio do Morro do Calvário, os baixos reflexos de esmectita (2:1) e caulinita (1:1) apontam para uma cobertura pedológica incipiente em estágio inicial de alteração. Nesse sentido, pode-se pensar que: a) o material fonte da seção São Cristóvão seja uma cobertura pedológica de neossolo enquanto que da seção Morro do Calvário um neossolo regolítico ou cambissolo litólico; e b) estabilidade da área fonte do material dos depósitos de colúvio são diferenciadas, registrando-se maior estabilidade das encostas da Seção São Cristóvão e menor na seção Morro do Calvário.

## **6.2 PROCESSOS DEPOSICIONAIS**

As unidades deposicionais de ambas as seções estratigráficas, ricas em cascalho de basalto maciço, se assentam abruptamente sobre aloterita do topo de derrames

amigdaloidal/vesicular, atestando a presença de discordância erosiva. As propriedades texturais e estruturais das unidades coluviais indicam que os depósitos foram gerados por deslizamento ou escorregamento, cujos fluxos tiveram alta concentração de sedimentos e que a componente água esteve presente no processo deposicional. De fato, a análise micromorfológica revelou matriz porfírica com microestrutura, localmente, em blocos e relacionada à expansão e contração natural do material, associado aos argilominerais 2:1.

Pelos resultados pode-se individualizar duas categorias de movimento de massa: a) fluxo de terra (*earthflow*) para as unidades I e III da seção São Cristóvão e II e IV da seção Morro do Calvário; e b) fluxo de detritos para as unidades II da seção São Cristóvão e I da seção Morro do Calvário. No caso da unidade III da seção Morro do Calvário, cascalho lamoso com matriz areia siltosa, seja uma propriedade relacionada ao processo deposicional do que ao retrabalhamento da unidade como classicamente se postula na literatura (BIGARELLA *et al.*, 2003). É pouco provável que o escoamento superficial tivesse concentração e energia suficiente para dissociar a argila da fração lama em um ambiente de encosta próximo a área fonte. Neste caso, as propriedades texturais da matriz refletem apenas o grau de evolução pedológica do material de origem que forneceu sedimentos para as unidades coluviais. As unidades coluviais lama cascalhenta da Seção São Cristóvão corresponde à mistura de materiais dos horizontes B e B/C. No caso da seção do Morro do Calvário as unidades coluviais II e IV representam a mistura dos materiais dos horizontes Ap, Bi (incipiente) e C. A análise micromorfológica relevou que a unidade II exibe matriz bruna escura impregnada de matéria orgânica e forte presença de pedotúbulos. Fato associado a intensa bioturbação. No caso das unidades coluviais cascalho lamoso resulte da mistura de materiais dos horizontes C/B e C. Desse modo, essas últimas unidades estariam relacionadas a fonte do material de origem do que um paleopavimento detrítico

(BIGARELLA *et al.*, 2003). A mineralogia da fração argila demonstra variações na constituição dos argilominerais do grupo 2:1 ao comparar as três unidades da seção São Cristóvão, sugerindo que os materiais foram gerados por movimentos de massa distintos, não se registrando retrabalhamento de unidades colúviais como se esperava. No caso da seção Morro do Calvário a similaridade mineralógica das unidades sugere que a unidade IV seja retrabalhamento da unidade II, podendo, a unidade III ser retrabalhamento da unidade I, ou, em ambos os casos, a deposição de materiais decorrentes do mesmos horizontes da cobertura pedológica original.

Em relação ao tempo de recorrência dos movimentos de massa, a ausência de impregnação da matriz do solo com matéria orgânica nas unidades colúviais em profundidade na seção São Cristóvão sugere que os processos foram penecontemporâneos. As descrições de campo e a análise micromorfológica revelaram bioturbação em pequenas proporções sugerindo ação da fauna e flora do período atual. No caso da seção do Morro do Calvário, a micromorfologia mostra que a unidade II sofreu forte ação biológica, sugerindo que se trate de um colúvio pedogenizado, possível horizonte Ap soterrado.

### **6.3 EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS**

A partir das interpretações dos resultados a cerca das características da cobertura pedológica fonte dos depósitos de colúvio e dos processos deposicionais, fez-se a tentativa de apresentar dois modelos evolutivos para as encostas estudadas, sob ação da morfogênese. No caso da encosta do bairro São Cristóvão pode-se imaginar a seguinte sequência evolutiva (Figura 26).

1º) o topo plano das superfícies nas quais as encostas estudadas bordejam, estiveram sujeitas à ação do intemperismo durante um tempo significativo para desenvolver perfil de solo laterítico (ferruginoso ou fersialítico), cujo desenvolvimento da frente de alteração se estabeleceu paralelo à superfície;

2º) com o aprofundamento do talvegue da drenagem local, as taxas acentuadas, não implicaram em aprofundamento da frente de intemperismo no domínio da encosta na mesma proporção; a ação do escoamento superficial promoveu o afloramento da aloterita na forma de degrau estrutural, representado nas encostas da área de estudo pelo topo de derrames com estrutura amigdaloidal/vesicular (Figura 26);

3º) eventos pluviométricos atípicos propiciaram saturação da cobertura pedológica, possivelmente a partir do contato desta com a aloterita e/ou a rocha.

4º) movimento de massa, possivelmente deslizamento rotacional, gerou fluxo de terra da cobertura pedológica até o limite da aloterita e/ou a rocha e, em consequência, desenvolveu cicatriz erosiva côncava a partir do degrau estrutural na alta encosta (Figura 26 b);

5º) a recorrência de eventos pluviométricos excepcionais gerou novos movimentos de massa responsáveis pela degradação da cobertura pedológica remanescente e a deposição deste com a mistura dos horizontes. No caso da encosta do São Cristóvão as unidades I e II representam a mistura e inversão dos horizontes de solos, respectivamente a deposição de um material constituído pela mistura dos horizontes B e B/C (unidade I) e horizontes C/B e C (unidade II) (Figura 26 c).

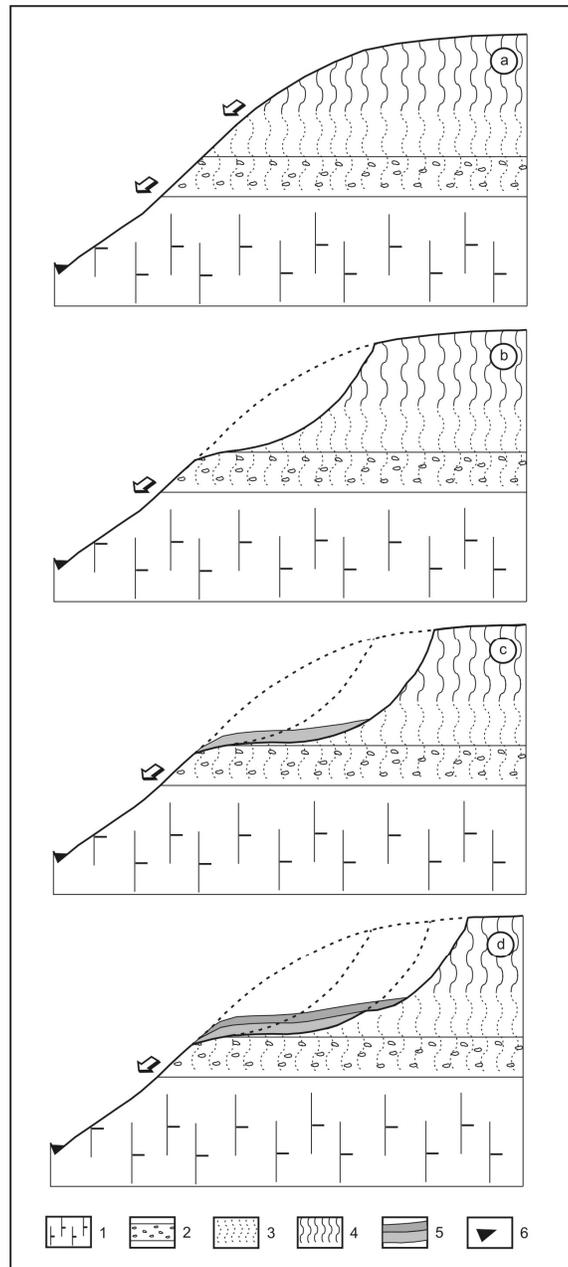


Figura 26: Modelo hipotético indutivo a respeito da evolução das encostas dos morros dos bairros São Cristóvão e Calvário, onde: 1- basalto maciço (zona estrutural central); 2 - basalto amigdaloidal/vesicular (zona estrutural de topo); 3 - alterita (horizonte C e C/R); 4 - cobertura pedológica (Horizontes, Ap, B, B/C); 5 - depósitos de colúvio e 6 – rio.

6º) a continuidade ou recorrência de eventos pluviométricos excepcionais gerou novos movimentos de massa responsáveis pela degradação da cobertura pedológica remanescente e a deposição deste com a mistura dos horizontes B e B/C formando a unidade III da seção

São Cristóvão (Figura 26 d). A morfologia da alta encosta passa de convexa para retilínea/convexa.

7º) após esse evento a encosta se estabilizou, do ponto de vista morfodinâmico, desenvolvendo vegetação e impregnando a unidade III com matéria orgânica. Nesse momento a unidade III passa a corresponder a um solo coluvial com horizontes Ap e B/A.

Em relação a encosta do Morro do Calvário, sua evolução foi similar ao da encosta do bairro São Cristóvão. Algumas diferenças são destacáveis: i) o escoamento superficial foi mais efetivo antes dos episódios de movimentos de massa, deixando a cobertura pedológica rasa; e ii) houve lapso de tempo entre a deposição da seqüência inferior, unidades I e II, em relação a seqüência superior, unidades III e IV. Neste último caso, o lapso de tempo foi suficiente para que a bioturbação promovesse modificações pós-deposicionais nos materiais. Por fim, em ambas as encostas registram-se eventos que podem ser correlacionáveis e apenas um evento singular.

Como evento singular o estabelecimento da unidade I na seção Morro do Calvário, que pode representar remanescente do movimento de massa que gerou a cicatriz erosiva onde se depositaram as demais unidades coluviais da encosta do Morro do Calvário e todas as unidades da encosta do morro São Cristóvão (4ª etapa). As demais unidades coluviais encontradas na seção do Morro do Calvário, lama cascalhenta (unidade II), cascalho lamoso (unidade III) e lama cascalhenta (unidade IV) apresentam propriedades faciológicas gerais (textura e estrutura) similares, respectivamente, as unidades I, II e III da seção São Cristóvão. Esse fato sugere que essas unidades são correlacionáveis e levam a pensar que os episódios de movimento de massa tiveram uma ação generalizada nas encostas do médio vale do Rio Marrecas.

## 7 CONCLUSÃO

As descrições macroscópicas e microscópicas das seções estratigráficas, auxiliadas por determinações laboratoriais, levaram a individualização e caracterização de unidades coluviais nas encostas da área de estudo, Médio Vale do Rio Marrecas. Em relação à Seção estabelecida no bairro São Cristóvão, identificou-se três unidades coluviais com mais de 1 m de espessura. A espessura dessas unidades sugere que a cobertura pedológica originária das unidades apresentava profundidade significativa, pois com a remobilização e deposição do material há uma tendência do volume original do material se reduzir. Na seção estratigráfica do Morro do Calvário identificou-se quatro unidades coluviais. As basais, juntas, não chegam a 1 m de espessura, sugerindo que a cobertura pedológica que originou os depósitos era rasa com pouca evolução pedológica.

As unidades deposicionais de ambas as seções estratigráficas, são ricas em cascalho de basalto maciço, onde assentam-se abruptamente sobre aloterita do topo de derrames amigdaloidal/vesicular, na forma de uma discordância erosiva. As unidades coluviais são caracterizadas por lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço, por vezes com matriz suportada ou clastos suportados.

Os resultados sugerem que as unidades coluviais foram geradas por movimentos de massa do tipo deslizamentos/escorregamentos, cujos fluxos tiveram alta concentração de sedimentos e água. Pode-se individualizar dois tipos de movimento de massa: a) fluxo de terra para as unidades I e III da seção São Cristóvão e II e IV da seção Morro do Calvário; e b) fluxo de detritos para as unidades II da seção São Cristóvão e I da seção Morro do Calvário. No caso da unidade III da seção Morro do Calvário, cascalho lamoso com matriz areia siltosa, seja uma propriedade relacionada ao processo deposicional do que ao

retrabalhamento da unidade como classicamente se postula na literatura. As unidades exibiram predominantemente matriz porfírica com microestrutura em rachaduras e, localmente, em blocos. Essa última está relacionada a recorrente expansão e contração natural do material devido a presença de argilominerais 2:1.

Pode-se sugerir que a encosta do bairro São Cristóvão, esteve sujeita a ação do intemperismo durante um tempo significativo, no qual desenvolveu-se perfil de solo laterítico (ferruginoso ou fersialítico), cujo desenvolvimento da frente de alteração foi estabelecido paralelo a superfície. Já na encosta do Morro do Calvário o escoamento superficial foi mais intenso antes dos movimentos de massa, fazendo com que a cobertura superficial fosse erodida, ficando mais rasa.

Os depósitos de colúvio nas encostas, registram o predomínio de eventos de morfogênese nos últimos estágios evolutivos, promovendo assim, o recuo da encosta associada a eventos pluviométricos excepcionais.

A compreensão desses fenômenos evolutivos simultaneamente em duas encostas do médio vale do Rio Marrecas, distantes uma da outra, sugerem que a morfogênese do registro sedimentar atuou em escala no médio vale do Rio Marrecas, sendo os últimos eventos de morfogênese associados a expansão do vale e recuo das encostas. Resta saber se outras encostas também passaram por instabilidade ambiental e apresentam formações superficiais correlacionáveis as encostas estudadas.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ADANS, G. 1975- **Planation Surfaces**. Pennsylvania, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Benchmark Papers in Geology, v.22, 476p. (REVER)

BERTRAND, P. & TEXIER, J.P. 1999- Facies and microfacies of slop deposits. Elsevier. **Catena**, 35 p. 99-119.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Pediplanos, pedimentos seus depósitos correlativos no Brasil. **B. Paran. Geogr**, Curitiba, 1965. 16/17: 117-151.

BIGARELLA, J.J. Structures developed by dissipation of dune and beach ridge deposits. **Catena**. N. 1. 107-152. 1974.

BIGARELLA, J.J. *et al.* **Estrutura e Origens das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: UFSC. 1994.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: processos erosivos, vertentes, movimentos de massa, atividade endógena, superfície de erosão, compartimentação do relevo, depósitos correlativos e ambientes fluviais, Florianópolis UFSC, 2003.

BIGARELLA, J.J. *et al.*, **Estrutura e Origem da Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2º Ed. UFSC, 2007.

BIRAL, J. H. **Caracterização da Cobertura Superficial do Morro do Calvário – Francisco Beltrão-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. Francisco Beltrão: UNIOESTE, 2005.

BLIKRA, L. H. & NEMEC, W. Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. **Sedimentology**. 45, p. 909-959, 1998.

CARLOTO, M. A. **Análise estratigráfica dos fluxos gravitacionais de Formação Maracangalha no campo de Jacaípe, bacia do Recôncavo, Brasil**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

CASTRO, S.S. **Micromorfologia de solos- pequeno guia para descrição de lâminas delgadas**. São Paulo: USP, 1989.

CASTRO, S.S. **Micromorfologia de solos- Base para Descrição de Lâminas Delgadas**. São Paulo: USP, 2002.

COUSSOT, P. & MEUNIER, M. Recognition, classification and mechanical description of debris. Elsevier **Earth-Science Reviews**, 1996, p.209-227.

CUNHA, J.E. *et al.* Comportamento erosivo de um sistema pedológico de Umuarama, Noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1999, 23:943-951

- CRISTOFOLETTI, **Geomorfologia**. 2º ed São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980.
- DAVIS, W.M. The Geographical Cycle. **Geogr. J.** n. 14 (A), 1899, p.481-503.
- DUCHAUFOR, P. **Abrégé de Pédologie** – Sol, Végétation, Environnement. Paris: Masson, 1997. p.291.
- DUNNE T. Hydrology, mechanics, and geomorphic implications of erosion by surface flow. **Geological Society of America Special Paper**. 1990, 252: 1-28.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.
- EVANS, L.J. Alteration products at the Earth's surface- the clay minerals. *In* MARTINI, I.P. & CHESWORTH, W. **Weathering, soils & paleosols**. Elsevier. 1992, Cap.5. p.107-125.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. 2006- Movimentos de massa: uma abordagem geológica-geomorfológica. *In*: Guerra, A. J. T. & CUNHA, S. B. eds **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: 2006 p. 123– 94.
- FERRETTI, E.R. **Diagnóstico Físico Conservacionista - DFC da Bacia do Rio Marrecas - Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado. UFPR Universidade Federal do Paraná. 1998.
- FERREIRA, M.S.S & OLIVEIRA, M.A.T. Aplicação da micromorfologia de solos ao estudo de sedimentos alúvio- colúviais em cabeceiras de vale. *Pesquisa em Geociências*. Porto Alegre: 2006- v32 n.2 p.3-18.
- FLEMMING, B.W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams. **Continental Shelf Research**. n. 2º, 2000, p. 1125-1137.
- GEREMIA, F. *et al.*, Feições Geomorfológicas na Bacia do Rio Quatorze. *In*: **Anais... IX ENGEO- Encontro de Geografia da UNIOESTE e III ENGESOP**, 2004, Francisco Beltrão. IX ENGEO III ENGESOP Geografia e ambientes: perspectivas, interfaces e aplicações. Francisco Beltrão, 2004, p. 285-288.
- GEREMIA, F. & PAISANI, J. C. Proposta de identificação de feições geomorfológicas no Vale do Rio Marrecas- PR. *In*: **Anais... do II Seminário de Pesquisa e Extensão e III Colóquio de Iniciação Científica do Centro de Ciências Humanas da Unioeste - Campus Francisco Beltrão**. Francisco Beltrão, 2005- p. 214-216.
- GEREMIA, F. Caracterização de Formações Superficiais em Concavidade na Bacia do Rio Quatorze (SW do PR). Subsídio para Gênese Evolutiva. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIOESTE. Francisco Beltrão. 2006.

GHIBAUDO, G. Subaqueous sediment gravity flow deposits: practical criteria for their field description and classification. **Sedimentology**. v.39, 1992, pp.423-454.

GIANNINI, P.C.F. & RICCOMINI, C. Sedimentos e processos sedimentares. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Org), **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000 p. 167-190.

GUERRA, A.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, 652 p.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e Conservação do Solo**. ed. Rio de Janeiro.RJ. Bertrand Brasil. 1999.

HARMS J. C. *et al.*,. **Structures and sequences in clastic rocks**. Society for Sedimentary Geology (SEPM) Short Course. 1982, 249 p.

LEITE, P. F. & KLEIN, R. M. **Vegetação**. *In*: IBGE.Geografia do Brasil: Região Sul.Rio de Janeiro: IBGE V.2, 1990. p.133-150.

LEOPOLD, M. & VÖLKEL, J. Colluvium: Definition, differentiation, and possible suitability for reconstructing climate date. **Elsevier**. Quaternary International, 2007,162-163 p.

KEMP, R.A. Micromorphological variation of the S 1 paleosol across northwest China. **Catena**. 1997, 31p. 77-90.

KEMP, R.A. Micromorphology of loess- paleosol sequences: a record of paleoenvironmental change. **Catena**. 1999, 35 p.179-196.

KEMP, R.A. & XINGMIN, M. Variations in loess and palaeosol properties as indicators of palaeoclimatic gradients across the Loess Plateau of North China. **Catena**. v.14. 1995, p.681-697.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981, 450p.

MARTINS, G. **Análise da variabilidade termo-pluviométrica e sua relação com o uso do solo no SW do PR:1970 a 1999**. Dissertação de Mestrado. Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista. 2003.

MENEZES, C. ; D AVILA, R. S. F ; CESERO, P. ; SOUZA CRUZ, C. E. . Fácies e modelo deposicional do Canyon de Almada, Bacia de Almada, Bahia. Boletim de Geociências da PETROBRAS. V.12, n. 02. Rio de Janeiro: editora, 2004, p. 251-256.

MILLAR, S. W. S. Processes dominating macro-fabric generation in periglacial colluvium submitted by edihioran. **Catena** 2006: 67(1): 79-87.

MOURA, J.R.S. & SILVA, T.M. Complexo de Rampas de Colúvio. In CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. Geomorfologia do Brasil. 2º ed. Local de publicação: Bertrand Brasil, 2001.

MOUSINHO, M. R. & BIGARELLA, J. J. Movimentos de massa no transporte de detritos da meteorização das rochas. Boletim Paranaense de Geografia. Curitiba: local de publicação, 1965,16/17, p43-84.

MUCHER, H.J.C. & MOROZOVA, T.D. The application of soil micromorphology in Quaternary Geology and Geomorphology. In Soil Micromorphology. V1, Techiques and applications. Bullock, P & Murphy, c.P (Eds). 1983, p.151-194.

MUNSELL Soil Collor Chart. Baltimore, Munsell Collor Company, Tab. 2000.

NARDY, A. J. R.*et al.*, Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral **Geociências**. 2002. 21(1):1532.

NEMEC W.& KAZANCI N. Quaternary colluvium in west-central Anatolia : sedimentary facies and palaeoclimatic significance. **Sedimentology**.1999. 46:139-170.

NETTO, J.P.G. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.1, n:1. 2000, p. 59-67.

NICHOLS, G. **Sedimentology and Stratigraphy**. Blacwel Science. 1999,355p.

OLIVEIRA,M; LIMA,G.L. Classificação de sedimentos quaternários em cabeceiras de vale através da aplicação do diagrama de Flemming: município de Campo Alegre,Norte de Santa Catarina. **Geociências**, v.23. Santa Catarina: UNESP, 2004- p.67-78.

OLIVEIRA, M.A.T. *et a.* Caracterização paleohidrológica de estruturas sedimentares quaternárias através de análises macroscópicas e microscópicas: do registro sedimentar local aos indícios de mudanças globais. **Pesquisas em Geociências**, v.28 n.2. Porto Alegre: 2001-p.183-195.

OLIVEIRA, M.A.T. *et al.* Processos deposicionais em cabeceiras de vale entre o último glacial (eim 3) e o Holoceno Médio: mudanças globais e evolução do relevo no planalto norte Catarinense. **Anais...** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology. Goiânia, 2006.

PAISANI, J. C. ; OLIVEIRA, M. A. T. . Identificação de paleossolos em áreas de cabeceira de drenagem: o caso da Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR). **Geosul** (UFSC), Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 470-475, 1998.

PAISANI, J.C. Gênese de Lamelas (“estruturas de dissipação”) Associadas à Evolução de Paleoaeossolos em Rampa Arenosa, Praia Mole (Ilha de Santa Catarina) / SC, Brasil: subsídios para uma interpretação paleogeomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2004- 5, n 1. p.29-42.

PAISANI, J.C.; *et al.*, Características geológicas da Formação Serra Geral na área drenada pelo rio Marrecas (SW Paraná): fundamentos para à análise geomorfológica. **Geografia**. UEL. 2005.

PAISANI, J. C. Análise Morfométrica e de Textura Superficial de Grãos Utilizada na Identificação de Litofácies Eólica e de Dissipação em Rampa Arenosa/Dissipação: o caso da Praia Mole (Ilha de Santa Catarina). *Geosul* (UFSC), Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 105-118, 2005a.

PAISANI, J.C. Relatório Técnico: Gênese da Cobertura Superficial do Morro do Calvário – Bases para identificar sua susceptibilidade erosiva. UNIOESTE. Francisco Beltrão. 2005b.

PAISANI, J. C. Sedimentologia e estratigrafia de rampa arenosa - Praia Mole (SC) e sua Correlação com eventos paleoclimáticos globais. **Geociências** (Online), v. 33, p. 87-99, 2006.

PAISANI, J. C. *et al.*, Superfícies Aplainadas em Zona Morfoclimática Subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/ NW Santa Catarina): Primeira Aproximação. **Geociências**, n.4, v.27. UNESP, 2008a, p.541-553.

PAISANI, J. C. *et al.*, Verificação da influência da sequência de derrames vulcânicos da Formação Serra Geral na ocorrência de patamares na área drenada pelo rio Marrecas-SW PR. Simpósio Nac. de Geomorfologia, 7º Encontro Latino Americano de Geomorfologia. Belo Horizonte. **Anais...** 2008b.

PAISANI, J. C. *et al.*, Características geológicas da Formação Serra Geral na área drenada pelo rio Marrecas (SW Paraná): fundamentos para a análise geomorfológica. *Geografia* (Londrina), v. 17, 2008c p. 49-65.

PASA, V. **Verificação de correlação entre dados geológicos geomorfológicos através de geoprocessamento – estudo do caso na bacia hidrológica do Rio Marrecas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Francisco Beltrão: UNIOESTE, 2007.

PASSOS, E. & BIGARELLA, J.J. Superfícies de erosão. In: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. **Geomorfologia do Brasil**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 107-141.

PENTEADO, M.P. **Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos (“stone line”)** Campinas: 1969 p.15-41.

PEULVAST, J.P. & SALES, V.C. Aplainamento e Geodinâmica: revisitando um problema clássico em Geomorfologia. **Mercator: Revista de Geografia da UFC**, n.1 2002, p.113-150.

PONTELLI, M.E. **Pedomorfoestratigrafia de Depósitos de Leques Aluviais: Bacia do Rio Itoupava, Sul do Estado de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

PONTELLI, M.E. **Cartografia das alterações em depósitos de leques aluviais como base para uma estratigrafia relativa. Bacias dos rios Amola Faca e Rocinha, Timbé do Sul- SC**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

RESENDE, M. *et al.*, **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicação**. Lavras: ed. UFLA, 2005. 192 p.

RIBEIRO, M. T. & BORGHI, L. O uso de microfácies sedimentares na caracterização de potenciais rochas selantes e geradoras de um sistema lacustre paleogênico na bacia de Taubaté. **4o PDPETRO**, 2007. Campinas, SP.

ROCHA, L.C. Índícios Micromorfológicos de Processos de Coluvionamento na Bacia do Córrego do Quebra, Gouveia/Mg. **Anais... VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology**. Goiânia. 2006.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia. Ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1991, p.83.

SALGADO, A.A.R. Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. **Geografias**. Belo Horizonte: 2005, p.64-78.

SELBY, M. J. **Strength and Behaviour of Rock and Soil. In: Hillslope Material and Processes**. Oxford University Press. Nova York. 1982.

SELBY, M. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology**. New York: Oxford University Press, 1985.

SELBY, M. J. Hillslope sediment transport and deposition *in* PYE, K. (Ed.) **Sediment Transport and Depositional Processes**. Blackwell Scientific Publications, 1994, p. 60- 87.

SCHNEIDER, R.L. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**.1974- p.41-65.

STOOPS, G. **Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. SSSA. Madison, WI, 184 pp + CD. ISBN 089118-842-8. 2003.

SUGUIO, K. - **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

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

TARDY, Y. e ROQUIN, C. Geochemistry na evolution of lateritic landscapes. In MARTINI, I. P. e CHESWORTH, W (ed.) – Weathering, Soil e Paleosols. **Elsevier**, Amsterdam. 1992. p. 407-443.

THOMAS, M.F. **Geomorphology in the Tropics**. John Wiley e Sons, Chichester, England, 1994. p.460.

VALADÃO, R.C. **Evolução de longo-Termo do Relevo do Brasil Oriental**. Tese de Doutorado. Bahia: Universidade Federal da Bahia, 1998.

VITTE, A.C. Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. **Terra Livre**. 2001- n.16, p. 11-24.

VITTE, A.C. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. **Revista do Departamento de Geografia**, n.16. 2005, p.105-118.

WELLS, N.A., Andriamihaja, B. e Rakotovololona, H.F. Stonelines and landscape development on the laterized craton of Madagascar. **Geological Society of America Bulletin**. 1990, 102:615-627.

WERNICK, E. **Rochas Magmáticas: Conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**, SP: ed:unesp, p. 655. 2004.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)