

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

**COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO, EVOLUÇÃO
MORFOLÓGICA E ASPECTOS MORFOTECTÔNICOS EM SÃO
THOMÉ DAS LETRAS (MG)**

Roberto Marques Neto

Orientador: Prof. Dr. Adler Guilherme Viadana

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia
para obtenção do título de mestre em
Geografia (área de concentração:
organização do espaço).

Rio Claro (SP)

2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Adler Guilherme Viadana

Archimedes Perez Filho

Francisco Sérgio Bernardes Ladeira

Roberto Marques Neto

Aluno(a)

Rio Claro, 29 de outubro de 2007.

Resultado: Aprovado

AGRADECIMENTOS

- . Ao CNPQ pelo financiamento dispensado para a realização da pesquisa;
- . Aos amigos de Rio Claro, Americana e de outras localidades, cujo número excessivo, felizmente, inviabiliza a enumeração dos nomes;
- . Aos seguintes amigos da UNESP – Rio Claro, lembrados pela presença constante durante o tempo em que a pesquisa foi levada a efeito: André Marinho Siqueira, Carol Marques, Dijalma de Camargo, Felipe Maciel Moreira, Lucas Providelo, Luiz Natividade, Manoel Hayne Pereira, Mariana, Márcia Correa, Márcio Henrique, Natália Babarovich, Paula Pimentel, entre outros;
- . Ao Fábio e ao Malachias pelas ambulâncias;
- . Ao geógrafo Alexandre Carvalho de Andrade pelas ambulâncias na área e discussões sobre o contexto sócio-econômico regional;
- . Ao geógrafo Thomaz Alvisi de Oliveira pelas discussões de cunho geomorfológico e pela ajuda nas medições realizadas na Gruta do Sobradinho, tarefa que não pode ser executada por uma única pessoa;
- . À geógrafa Rafaela Braga Salum pela ajuda nas medições realizadas na Gruta do Carimbado, que também não poderiam ter sido executadas por um pesquisador solitário;
- . Ao Prof. Dr. Francisco Sérgio Bernardes Ladeira pelas discussões de ordem geomorfológica;
- . À Prof. Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha, também pelas discussões de ordem geomorfológica e pelas orientações dispensadas na qualificação desta dissertação;
- . Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Tavares, que também dispensou importantes orientações na qualificação da dissertação que é aqui apresentada;
- . Ao Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto, que sempre esteve disposto, durante o período de maior contato, em discutir o quadro físico regional;
- . Ao Prof. Dr. Antenor Zanardo pelas discussões sobre o quadro geológico local e regional e pelo auxílio na classificação e descrição de constituintes litológicos;
- . Ao Prof. Dr. Archimedes Perez Filho pelas discussões de ordem metodológica colocadas em tela, sobretudo, ao longo de sua disciplina no Programa de Pós Graduação em Geografia da UNESP – Rio Claro;

. Ao Prof. Dr. Adler Guilherme Viadana, orientador da dissertação que é aqui apresentada;

. A todos os demais amigos e amigas que, em função dos critérios adotados para a redação desta página, não apareceram citados formalmente.

Dedicação especial para Izabel Cristina Marques e Esther Gasparini Marques.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	5
ÍNDICE	6
LISTA DE QUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE FOTOGRAFIAS	11
RESUMO	13
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	17
2. MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS	24
3. ESTUDO, COMPARTIMENTAÇÃO E ZONEAMENTO DA PAISAGEM	43
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	51
5. EVOLUÇÃO DA ÁREA NO PRÉ-CAMBRIANO	80
6. A ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO DAS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO DO BRASIL ORIENTAL	86
7. EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NO QUATERNÁRIO	103
8. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO PALEOCLIMÁTICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO DO BRASIL SUDESTE	120
9. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO MORFOTECTÔNICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO BRASIL SUDESTE	144
10. COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO	171
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS	212
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	216

ÍNDICE

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. GENERALIDADES	17
1.2. OBJETIVOS	20
1.2.1. Objetivos Gerais	20
1.2.2. Objetivos Específicos	21
1.3. HIPÓTESE	22
1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
2. MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS	24
2.1. O MÉTODO	24
2.1.1. Inserção da abordagem sistêmica na geografia: considerações gerais	24
2.1.2. Os geossistemas e a paisagem	28
2.1.3. A fisiologia da paisagem	31
2.1.4. A paisagem como sistema processo-resposta	33
2.2. TÉCNICAS ADOTADAS	34
2.2.1. Compilação bibliográfica	34
2.2.2. Trabalhos de campo	35
2.2.3. A compartimentação do meio físico	35
2.2.4. Estudo da evolução morfológica	37
2.2.5. Estudo dos aspectos morfotectônicos	37
2.3. MATERIAIS UTILIZADOS	42
3. ESTUDO, COMPARTIMENTAÇÃO E ZONEAMENTO DA PAISAGEM	43
3.1. ASPECTOS TEÓRICOS	43
3.2. RELEVÂNCIA DA ANÁLISE DO RELEVO PARA COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO	46
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	51
4.1. GEOLOGIA	51
4.1.1. Evolução do conhecimento geológico	51
4.1.2. Geologia regional	54
4.1.3. O contexto geológico local	57
4.2. GEOMORFOLOGIA	63
4.2.1. Contextualização megageomorfológica	63
4.2.2. O contexto geomorfológico local	67
4.3. PEDOLOGIA	69
4.4. VEGETAÇÃO	70
4.5. CLIMA	75
4.6. ASPECTOS HUMANOS	76
5. EVOLUÇÃO DA ÁREA NO PRÉ-CAMBRIANO	80
5.1. ASPECTOS DA PALEOGEOGRAFIA PRÉ-CAMBRIANA.....	80
6. A ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO DAS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO DO BRASIL ORIENTAL	86
6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	86
6.2. SÍNTESE SOBRE OS ESTUDOS DAS SUPERFÍCIES DE EROÇÃO	87
6.3. A SUPERFÍCIE SUL-AMERICANA	91
6.4. SUPERFÍCIES DE EROÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO	93

7. EVOLUÇÃO DA PAISAGM NO QUATERNÁRIO	103
7.1. AS GLACIAÇÕES	103
7.1.1. Considerações preliminares	103
7.1.2. Causas das glaciações	108
7.2. CONSEQÜÊNCIAS DAS GLACIAÇÕES	111
7.2.1. Conseqüências climáticas	111
7.2.2. Conseqüências na distribuição da cobertura vegetal	113
7.2.3. Conseqüências morfopedológicas	116
8. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO PALEOCLIMÁTICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO DO BRASIL SUDESTE	120
8.1. PRIMEIRAS CONSIDERAÇÕES	120
8.2. PROCESSOS RECENTES DE PEDIMENTAÇÃO	121
8.3. A COBERTURA VEGETAL EM FACE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO QUATERNÁRIO	128
8.4. PAPEL DA ESTRUTURA NA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM: RELEVO APALACHIANO	129
8.5. FORMAÇÃO E DINÂMICA CÁRSTICA NA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO QUATERNÁRIO	132
8.5.1. Primeiras observações e constatações	132
8.5.2. Considerações sobre os processos cársticos e seu papel na evolução da paisagem	133
8.5.3. A Gruta do Carimbado	135
8.5.4. A Gruta do Sobradinho	137
9. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO MORFOTECTÔNICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO BRASIL SUDESTE	144
9.1. CONCEITOS GERAIS	144
9.2. O QUADRO NEOTECTÔNICO NO SUL DE MINAS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	146
9.3. CARACTERÍSTICAS TECTÔNICAS DO RELEVO	148
9.4. CARACTERÍSTICAS TECTÔNICAS DA DRENAGEM	149
9.5. EFEITOS NEOTECTÔNICOS NA ÁREA DE ESTUDO	155
9.5.1. Evidências morfológicas	155
9.5.2. Análise dos lineamentos	158
9.5.3. Apresentação e discussão dos índices geomórficos	161
9.5.3.1. O fator assimetria	161
9.5.3.2. O fator simetria topográfica transversal	164
10. COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO	171
10.1. O MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	171
10.2. CARACTERIZAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS	180
10.2.1. Terraço pedimentar dissecado (TPd)	180
10.2.2. Terraço pedimentar dissecado com planícies aluviais colmatadas ou em vias de colmatação (TPpc)	181
10.2.3. Crista assimétrica com formação de carste (CAk)	183
10.2.4. Patamares estruturais rebaixados (PEr)	186
10.2.5. Escarpa de falha com depósito de tálus (EFt)	187
10.2.6. Reverso de crista monoclinal suavemente inclinado submetido à mineração (RCm)	189
10.2.7. Reverso de crista monoclinal dissecado (RCd)	195
10.2.8. Compartimento de cristas alongadas de topos retilíneos a convexos (CArc)	196

10.2.9. Planícies aluvio-coluvionares dissecadas com alvéolos (Pac)	198
10.2.10. Morrotes, morros e morros com encostas suavizadas rebaixados com topos convexos aplainados e vertentes retilíneas a convexas (MMca)	199
10.2.11. Espigões paralelos digitados (EPd)	201
10.2.12. Morrotes e morros de topos e vertentes predominantemente convexas (MMc)	202
10.2.13. Morrotes de topos predominantemente convexas e vertentes convexas a retilíneas (Mcr)	205
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS	212
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	216

LISTA DE QUADROS

4.1. Balanço hídrico para São Thomé das Letras	76
6.1. Superfícies de erosão segundo os autores analisados	90
8.1. Medidas dos compartimentos da Gruta do Sobradinho	138
9.1. Padrões de drenagem básicos e básicos modificados	151
9.2. Escala de intensidade para FABD	163
9.3. Valores de T para a bacia do Ribeirão Vermelho	164
9.4. Valores de T obtidos para a microbacia do Córrego da Cachoeira	165
9.5. Valores de T obtidos para a microbacia do Córrego São Tomé	166
9.6. Valores de T obtidos para a bacia do Córrego Cantagalo	167
9.7. Valores de T obtidos para a bacia do Córrego Caí	168
9.8. Valores de T obtidos para a bacia do Córrego Ventura	169
9.9. Valores de T obtidos para a bacia do Córrego da Conquista	170
10.1. Ordenação taxonomica utilizada no Projeto RADAM BRASIL	172
10.2. Sistemas de relevo encontrados segundo sua ordenação taxonômica	175
10.3. Critérios utilizados para o estabelecimento de categorias do relevo	175
10.4. Principais características dos compartimentos discernidos	210

LISTA DE FIGURAS

1.1. São Thomé das Letras: localização	23
2.1. Tipologia dos sistemas de Chorley e Kennedy	33
2.2. Fator assimetria de bacias de drenagem	39
2.3. Fator de simetria topográfica transversal	40
2.4. Representação esquemática dos procedimentos gerais da pesquisa	41
4.1. Geologia regional e posicionamento das bacias proterozóicas.....	54
4.2. A área de estudo em seu contexto geológico regional.....	56
4.3. Posição da área de estudo na Província Mantiqueira.....	57
4.4. Coluna tectono-estratigráfica da área de São Thomé das Letras.....	61
4.5. Perfil geológico do município de São Thomé das Letras.....	62
4.6. Perfil fitogeográfico de São Thomé das Letras (MG)	74
6.1. Limites entre a superfície de simeira (Sc), superfície intermediária (Si) e superfície pedimentar-alveolar recente (Sr)	94
6.2. Perfil representativo das superfícies de erosão em São Thomé das Letras	101
6.3. Posicionamento das superfícies de erosão em São Thomé das Letras	102
7.1. Flutuações do nível do mar durante o Pleistoceno	105
7.2. Tentativa de correlação entre o Período Quaternário e.....	106
8.1. Representação da Gruta do Sobradinho em seu perfil longitudinal	143
9.1. Padrões de drenagem relacionados com controle estrutural	150
9.2. Padrões básicos de drenagem	152
9.3. Padrões básicos modificados	153
9.4. Padrões básicos modificados	154
9.5. Mapa com os principais lineamentos estruturais encontrados	160
9.6. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Ribeirão Vermelho .	164
9.7. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego da Cachoeira	165
9.8. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego São Tomé ..	166
9.9. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego Cantagalo ..	167
9.10. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego Caí	168
9.11. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego Ventura ...	169
9.12. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego da Conquista	170
10.1. Carta geomorfológica de São Thomé das Letras (MG)	179
10.2. Imagem acusando a exploração mineral no reverso da Serra de São Tomé ..	192
10.3. Perfil representativo dos compartimentos discernidos	206
10.4. Perfil representativo dos compartimentos discernidos	207
10.5. Perfil representativo dos compartimentos discernidos	208
10.6. Perfil representativo dos compartimentos discernidos	209
10.7. Compartimentação do meio físico em São Thomé das Letras (MG)	211

LISTA DE FOTOGRAFIAS

4.1. Quartzitos micáceos do Grupo Andrelândia aflorando no front de crista monoclinal	60
4.2. Relevo amorreado do Planalto de Andrelândia, município de Andrelândia (MG)	66
4.3. Relevo em cristas alongadas no Planalto de Andrelândia, município de Conceição do Rio Verde (MG)	66
4.4. Conjunto de morros e colinas padronizando o relevo local	68
4.5. Crista monoclinal em São Thomé das Letras (Serra do Cantagalo)	68
4.6. Vegetação de cerrado adaptado ao meio litólico das serras quartzíticas	72
4.7. Aspecto da fisionomia em campo rupestre que ocorre em São Thomé das Letras	72
4.8. Mata latifoliada semidecídua distribuída de maneira contínua nas vertentes leste da Serra de São Thomé	73
4.9. Ocorrência marcante de araucárias (<i>Araucaria angustifolia</i>) na área de estudo	73
4.10. Vista parcial da área urbana de São Thomé das Letras (MG)	79
4.11. Pilha de estéril cercando a área urbana de São Thomé das Letras (MG)	79
5.1. Afloramento de quartzito em São Thomé das Letras indicando esforços deformacionais	85
7.1. Depósito de conchas (sambaquis) feitos por paleoíndios indicativos das oscilações no nível marinho durante o último glacial	108
8.1. Paleopavimento encontrado em ambiente de terraço	127
8.2. Paleopavimento inumado por latossolo encontrado no setor oeste do município	127
8.3. Ocorrência marcante de cactáceas em São Thomé das Letras (MG)	129
8.4. Pedra da Taça, mostrando processo de dissolução em quartzito	142
8.5. Salão de entrada da Gruta do Carimbado	142
8.6. Ponto de ressurgência de águas na entrada da Gruta do Sobradinho	143
8.7. Formação de depressão fechada na Serra do Sobradinho por efeito da dissolução do quartzito	117
8.8. Registro de dissolução química nos quartzitos da Serra do Sobradinho	118
9.1. Arrasamento do divisor no alto curso do ribeirão Vermelho	157
9.2. Captura de drenagem em área de relevo de morros, com alargamento local da planície de inundação	157
10.1. Vista parcial do compartimento TPd	181
10.2. Vista parcial do compartimento TPpc	183
10.3. Salão de entrada da Gruta do Sobradinho	185
10.4. Espelho de falha na saída da Gruta do Sobradinho	185
10.5. Vista parcial do compartimento Per	187
10.6. Vista parcial do compartimento EFt	189
10.7. Cerrado degradado pela extração de quartzito	193
10.8. Canal entulhado pelo rejeito da mineração, caracterizado por acentuada morfodinâmica marginal	193
10.9. Vazão do córrego São Tomé durante o inverno, comprometida pela prática mineraria	194
10.10. Vazão padrão do córrego São Tomé durante o verão	194

10.11. Córrego de São Tomé com grande volume d'água após chuva intensa	195
10.12. Vista do Compartimento RCd	196
10.13. Vista parcial do Compartimento CAré	197
10.14. Vista parcial do Compartimento PAd	199
10.15. Vista do Compartimento MCra	201
10.16. Vista do Compartimento EPd	202
10.17. Vista parcial do Compartimento MCc	204
10.18. Colonização de voçorocas marcando a dinâmica da paisagem em Cruzília (MG)	204
10.19. Vista parcial do Compartimento Mcr	205

RESUMO

O propósito da presente dissertação consiste na determinação de unidades de paisagem para o município de São Thomé das Letras (MG), no estudo da evolução morfológica da área e na apreciação de aspectos morfotectônicos.

O cumprimento dos objetivos estipulados demandou uma série de dispositivos analíticos que se coadunaram para a interpretação da fisiologia da paisagem e para o discernimento de diferentes unidades paisagísticas representadas em documento cartográfico de síntese.

O estudo da evolução morfológica demandou a avaliação de elementos do quadro genético-evolutivo regional como meio para o entendimento dos processos operantes em âmbito local. A pesquisa focalizou a ocorrência e posicionamento de diferentes superfícies de erosão na área de estudo, diferenciando remanescentes relacionados à Superfície Sul-Americana, do Terciário Inferior, de modelados de dissecação mais recentes, de idade plio-pleistocência. A esta etapa se somou, com ênfase, estudos interessados na evolução morfológica levada a efeito durante o Quaternário em consonância com as oscilações climáticas que marca o referido período, o que se deu por meio do estudo de processos de pedimentação recente e dos depósitos correlatos, da avaliação da cobertura vegetal atual e dos fenômenos cársticos operantes, também sendo estimada a evolução do relevo com enfoque na estrutura, que confere tipicidade apalachiana para a morfologia local e regional.

No tocante aos aspectos morfotectônicos, a pesquisa se valeu da análise do relevo e da drenagem, enfando os fenômenos neotectônicos com base na identificação de feições morfológicas indicativas (*shutter ridges*, capturas, migração lateral de cursos d'água, canais fluviais com trechos excessivamente retilíneos, etc.) e na identificação e interpretação dos principais lineamentos. Os estudos morfotectônicos foram subsidiados pela mensuração de índices geomórficos úteis para a estimação de efeitos neotectônicos, notadamente o Fator de Assimetria de Bacias de Drenagem e o Fator de Simetria Topográfica Transversal, aplicados em bacias hidrográficas previamente selecionadas no espaço intramunicipal.

A reconstrução de elementos do quadro evolutivo deu as bases para a identificação de diferentes unidades de paisagem, cujo discernimento também apontou para fatores de ordem antrópica atuando na fisionomia e dinâmica da paisagem.

Antecedeu a diferenciação de tais unidades a edição de uma carta geomorfológica para a área de estudo, corroborando a importância da análise do relevo para o estabelecimento de unidades de paisagem em áreas onde tal atributo se faz marcante, conformando diferentes quadros morfodinâmicos.

Palavras-chave: Quaternário; superfícies de erosão; neotectônica; compartimentação do meio físico; abordagem sistêmica.

ABSTRACT

The aim of this present dissertation consists in the determination of landscape unity for the town of São Thomé das Letras (MG), in the study of the area morphological evolution and appreciation of morphotectonic aspects.

The fulfilment of stipulated purpose demanded a serie of analytical device that were gathered for the comprehension of landscape phisiology as well as the understanding of different landscape unities represented in graphic-chart document of synthesis.

The study of morphological evolution demanded the evaluation of components the regional genetic-evolutive chart as so as to understand the operating process in local range. The research focused the occurence and status of different erosion surface in the studied area, diferenciating remainders related to Superfície Sul-Americana of low Tertiary, of latest dissection molded, of plio-pleistocene age. To such stage, with emphasis, was added studies interested in the morphological evolution effectuated during the Quaternary in consonance with climatic fluctuations that mark the referred era, which happened by means of process study of recent pedimentation and correlated deposits from evaluation of current vegetal covering and operating carstic phenomenon, also evolution of relief being estimated focusing the structure, that grants appalachian tipicality to regional and local morphology.

Regarding the morphotectonic aspects, the research turned to the relief analysis and drainage emphasizing the neotectonic phenomena based on identification of indicative morphological features (shutter ridges, captures, water-course lateral migration, river channel with excessively right-lined stretches, etc.) and identification and interpretation of main lineages. The morphotectonic studies were subsidized by measuring the geomorphic rate useful for estimating neotectonic effects, notoriously the asymmetry Factor of Drainage Basins and Transversal Topographical Symmetry Factor, applied to hidrographical basins previously selected in intra-municipal space.

The reconstruction of evolutive chart elements supplied bases for the identification of different landscape unities, whose discernment also pointed to antropic order factors acting on the landscape dynamic and appearance. Preceding the differentiation of such unities the edition of a geomorphological chart for the studied

area, corroborating the importance of relief analysis for the setting of landscape unities in areas where such tribute is marked, forming different morphodynamic charts.

Key-words: Quaternary; erosion surfaces; neotectonic; compartmentation of physical means; system approach.

CAPÍTULO 1

1 . INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A Geografia dos trópicos e das zonas equatoriais despertou o interesse e estimulou pesquisas e narrativas de vasta gama de naturalistas que desbravaram estas áreas durante o Brasil Colônia e nos tempos imperiais. Humboldt percorreu o sistema amazônico fora dos limites das fronteiras brasileiras, ao qual batizou de Hiléia “ou planura selvática”, verificando a ligação entre a Bacia Amazônica e a Bacia do Orenoco pelo Canal de Cassiquiare, estimando o comprimento do Rio Amazonas e medindo sua largura perto das nascentes. O naturalista escreve que:

“O Amazonas é o mais largo de todos os rios; percorre uma extensão de mil e oitocentas léguas, desde o seu nascimento no Lago Lauricocha até à embocadura. Em compensação, na província de Jaen de Bracamoros, perto da catarata de Rentama, onde o medi, sob as pitorescas montanhas de Patachuma, é apenas da largura do Reno nas alturas de Mogúncia” (HUMBOLDT, 1950, p. 36).

Diversos outros naturalistas e cientistas percorreram as áreas tropicais, como Von Martius, Von Spix, Saint-Hilaire e Charles Darwin, que, em Salvador (BA), expressou sua admiração com as seguintes palavras:

“delícia é um termo insuficiente para exprimir as emoções sentidas por um naturalista que, pela primeira vez, se viu a sós com a natureza no seio de uma floresta brasileira. A elegância da relva, a novidade dos parasitos, a beleza das flores, o verde luzidio das ramagens, e, acima de tudo, a exuberância da vegetação em geral, foram para mim motivos de uma contemplação maravilhada” (DARWIN, 1878, p. 4).

Cabe a von Martius, no século dezenove, a elaboração do primeiro mapa fitogeográfico do Brasil, onde alcunhou o sistema amazônico de *nayades*, a área das caatingas de *hamadryades*, a mata atlântica de *dryades* e o domínio das araucárias e dos pampas gaúchos de *napaeae*, denominações estas retiradas de nomes de ninfas da mitologia grega.

Diferentes biomas, como o atlântico e a caatinga, também foram visitados pelo botânico Auguste de Saint-Hilaire, que se admira com as paisagens geomorfológicas, com

as formações vegetais e com a diversidade de espécies (fato que tirou proveito enviando exemplares para o Museu de História Natural em Paris), ridicularizando de maneira peorativa e feroz, ao mesmo tempo, as populações indígenas que conhecia, conforme pode ser verificado em Saint-Hilaire (1980).

No Sul do país tem destaque as incursões de Álvaro Nunes Cabeza de Vaca, que, entre 1541 e 1542 efetuou a marcha do litoral de Santa Catarina até Assunción, além do alemão Ulrich Schmidel (1552-1553), que, acompanhado de vinte índios Cariós comandou, pelo menos ao que consta na literatura geográfica e histórica, a primeira tentativa conhecida de atingir a costa atlântica muito mais a norte da base utilizada pelos espanhóis na ilha de Santa Catarina (MAACK, 1959).

Outros naturalistas e exploradores adentraram as terras desconhecidas do vasto território brasileiro, alguns deles comprometidos unicamente com interesses de seus países, que pouco ou nenhum legado deixaram para o conhecimento e estudo sistemático dos recursos naturais brasileiros, e outros de maior relevância para o desenvolvimento do conhecimento científico interno.

O modelado da superfície, o padrão morfoescultural do Brasil Sudeste e a cobertura vegetal assentada em tal modelado, que tanta curiosidade e perplexidade causaram em naturalistas de renome em seu tempo, tem sua evolução estreitamente relacionada com as oscilações climáticas que se deram no Quaternário, alternando períodos glaciais de maior frio e aridez com períodos marcados pela retomada das condições úmidas.

Essas oscilações climáticas ocorridas no pleistoceno foram responsáveis por diferentes processos de evolução do modelado, ora submetido a uma predominância do intemperismo físico, ora à mercê de um maior rigor do ataque químico, sendo que tal processo de esculturação se deu sobre formações rochosas do embasamento pré-cambriano, bacias sedimentares paleozóicas, embaciamentos terciários e coberturas quaternárias. Da mesma forma, a alternância nas condições climáticas globais provocou um rearranjo nos esquemas distributivos dos biomas existentes.

Em condições não menos importantes, os fatores de ordem tectônica também partilham da evolução do relevo, sobretudo nos terrenos de antéclise do Brasil de Sudeste, apresentando perturbações bastante notórias no setor meridional do estado de Minas Gerais, onde os estudos se concentraram.

O meio físico do Brasil Sudeste, tal como conhecemos hoje, tem sua evolução morfológica ligada a uma ação conjunta de fatores climáticos e tectônicos atuando

concomitantemente na elaboração do modelado, realçando a complexidade inerente ao estudo de tais paisagens. O caráter complexo da geomorfologia tropical é que estimulou a realização de um estudo integrado de elementos da evolução da paisagem do Brasil de Sudeste, congregando em um mesmo nível de discussão aspectos da evolução paleoclimática e tectônica.

Expostos os objetivos, a hipótese trabalhada e a área de estudo no primeiro capítulo da dissertação, a segunda divisão (Capítulo 2) se encarrega de apresentar e discutir o método adotado e as técnicas e materiais que foram mobilizados para a execução da pesquisa.

O capítulo 3 apresenta aspectos teóricos referentes a compartimentação do meio físico e ao zoneamento da paisagem segundo o viés sistêmico de pensamento, bem como da relevância da análise do relevo para a diferenciação de unidades de padronagens semelhantes. Ao mesmo tempo em que ajuda a defender a hipótese trabalhada, funciona como revisão bibliográfica acerca do tema.

No capítulo 4 a área de estudo é apresentada, em nível satisfatório de detalhe, em seus atributos físicos (geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima), sendo cada parâmetro exposto e discutido separadamente em seu contexto local e em relação ao quadro regional de manifestação geográfica.

O capítulo 5 se dedica exclusivamente a apresentar o contexto evolutivo da paisagem de acordo com os eventos termotectônicos pré-cambrianos, cujos efeitos são de grande significado geomorfológico e guardam estreita relação com o modelado atual.

O capítulo 6 traz à baila discussão de extrema relevância para a compreensão da evolução das paisagens do Brasil Oriental. O conteúdo em questão trata das superfícies de erosão evoluídas a partir do Terciário Inferior e que atestam diferentes níveis de aplainamento na área estudada, se prestando como subsídio fundamental para a pesquisa que é aqui apresentada.

Ao capítulo 7 ficou reservada a função de introduzir a pesquisa no estudo do Quaternário na área, período geológico que foi enfatizado no presente trabalho. Encarregasse, em suma, de apresentar considerações gerais sobre a época quaternária e algumas causas e conseqüências das manifestações glaciais.

O capítulo 8 foi depositário dos resultados concernentes à evolução paleoclimática da área de estudo no contexto do Brasil de Sudeste, apresentando os sistemas de evolução morfoclimática que foram considerados e a morfologia resultante. É discutido o processo

recente de pedimentação e formação de terraços, a evolução do relevo em estrutura dobrada e a dinâmica cárstica.

Em complemento ao capítulo anterior, o capítulo 9 coloca em tela os mecanismos endógenos de evolução do relevo, realçando a importância da neotectônica na evolução do contexto paisagístico em apreço, e que, juntamente com os componentes de ordem climática, respondem pela atual configuração do complexo paisagístico. No capítulo em questão são apresentados e discutidos os lineamentos extraídos, os indicadores morfológicos que condizem com perturbações tectônicas recentes, e os índices geomórficos que foram aplicados.

Os elementos de ordem morfoclimática e tectono-estrutural estudados ao longo da pesquisa forneceram traços importantes da história erosiva e deposicional da paisagem, que foi sintetizada na compartimentação do meio físico, levada a efeito pela integração dos resultados e que esclarece a respeito da morfogênese atual, indissociavelmente ligada aos efeitos endógenos e exógenos de evolução do modelado associado à exploração e produção do espaço feitas pela ação humana. A apresentação da compartimentação é objetivo do capítulo 10.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 – Objetivos gerais

O interesse da presente dissertação consiste em levar a efeito uma compartimentação do meio físico no município de São Thomé das Letras (MG) a partir de uma análise do relevo em relação ao conjunto da paisagem e do estudo de sua evolução morfológica, a fim de acrescentar os conhecimentos acerca da gênese, estrutura e processos geomórficos vigentes nos terrenos cristalinos do Brasil Oriental, em especial sua porção situada nas latitudes tropicais do Sudeste. É tomado como ementa que o estudo dos diferentes compartimentos auxilia no esclarecimento das conexões e interdependências entre as diferentes unidades de paisagem estabelecidas, auxiliando assim a apreensão do meio físico em questão como um todo funcional e integrado, sem perder de vista sua inserção no quadro físico regional do qual a área é representativa. Para tanto, a área será

estudada em reação às superfícies de erosão verificadas e a aspectos referentes à evolução climática e tectônica quaternária. Estes objetivos podem ser sinteticamente enumerados nesse conjunto de etapas gerais:

1. Estudar aspectos da evolução quaternária da paisagem, situando a área no contexto das superfícies de erosão regionais com menção aos depósitos associados;
2. Investigar aspectos morfotectônicos por meio da análise do relevo e da drenagem e da mensuração de índices geomórficos;
3. Realizar a compartimentação do meio físico a partir da análise do relevo em relação com o conjunto da paisagem.

1.2.2. Objetivos específicos

Dois objetivos específicos foram estipulados para a presente pesquisa, sendo considerados relevantes para enriquecer a discussão e aprimorar os resultados.

O primeiro deles se relaciona à intenção em caracterizar o meio físico e apreender elementos de sua evolução em seus aspectos regionais para, posteriormente, atingir a escala local onde se concentraram as observações e onde o detalhamento foi mais apurado. Dado o caráter sistêmico da natureza, se faz útil conhecer as manifestações geográficas no âmbito regional para melhor entender a natureza dos fluxos de matéria e energia que se encerra e a situação morfoestrutural e morfoclimática em que se encontra a área, procurando assim, em alguns momentos, expandir o enfoque explicativo. Para o estudo das superfícies de erosão, considerações situadas em ordem de grandeza regional são condição, e, não menos, a análise morfotectônica também deve abarcar conhecimentos relacionados ao quadro tectono-estrutural regional.

Um outro objetivo específico está diretamente ligado à interpretação da evolução morfológica no Quaternário, e se refere ao estudo dos processos de desenvolvimento de formas cársticas na área de estudo. A Geomorfologia cárstica exige alguns procedimentos particulares que serão utilizados exclusivamente para a mensuração e interpretação dessas formas que, embora tenham um padrão evolutivo singular e particular, partilham de maneira integrada da evolução geral da paisagem.

1.3. HIPÓTESE

A hipótese central trabalhada consiste em que a evolução quaternária da paisagem na área de estudo se processa tanto por efeitos de ordem climática como tectônica, colocando em tela a importância dos esforços internos no entendimento da morfodinâmica atual, mesmo em áreas de relativa estabilidade tectônica. Tais mecanismos podem ser apreendidos mediante a integração de métodos e técnicas de análise em Geografia Física e nas geociências em geral.

Também é entendida a conveniência em se levar a efeito uma compartimentação do meio físico por meio da análise do relevo, procedimento este bastante pertinente para a diferenciação de unidades de paisagem em áreas de topografia acidentada, onde o relevo é responsável pela separação e confinamento de áreas relativamente homogêneas, sem que tal postura obscureça as relações de ordem sistêmica mantidas entre os compartimentos discernidos.

1.4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Thomé das Letras tem sua área urbana determinada pelas coordenadas geográficas 21° 43' 20'' latitude Sul e 44° 59' 07'' longitude Oeste.

O território municipal apresenta área total da ordem de 368 km², onde o ponto mais elevado é o Pico do Gavião, da ordem de 1498 metros, marcando o limite setentrional da Serra de São Thomé e impondo os limites com o município de Luminárias. A cota mais baixa traduz uma altitude de aproximadamente 860 metros, na desembocadura do Ribeirão Vermelho no Rio do Peixe, na divisa com Três Corações.

Limita-se com São Thomé das Letras, a leste, Cruzília, do qual é separado pela Serra do Sobradinho e pelo Córrego das Pedras. Mais a sudoeste a área de estudo estabelece fronteira com Conceição do Rio Verde, onde o limite demarcatório é a Serra das Ninfas, cujo ressaltado topográfico de referência é o Pico do Pião (1363 metros), de vertentes íngremes e topo arredondado, coberto por mata. Também é fronteiro ao município de Baependi pela porção sul, onde a rede de drenagem local marca os limites entre os dois municípios.

O acesso principal se dá pela estrada que faz a ligação entre Três Corações e São Thomé das Letras (MG 868) e que se bifurca em direção a São Bento Abade e Luminárias. Os demais acessos se dão por terra, com destaque para a estrada que liga São Thomé das

Letras à Cruzília e uma outra ao município de Luminárias, a partir do distrito de Sobradinho.

A Figura 1.1 traz a localização do município de São Thomé das Letras no estado de Minas Gerais e no território nacional.

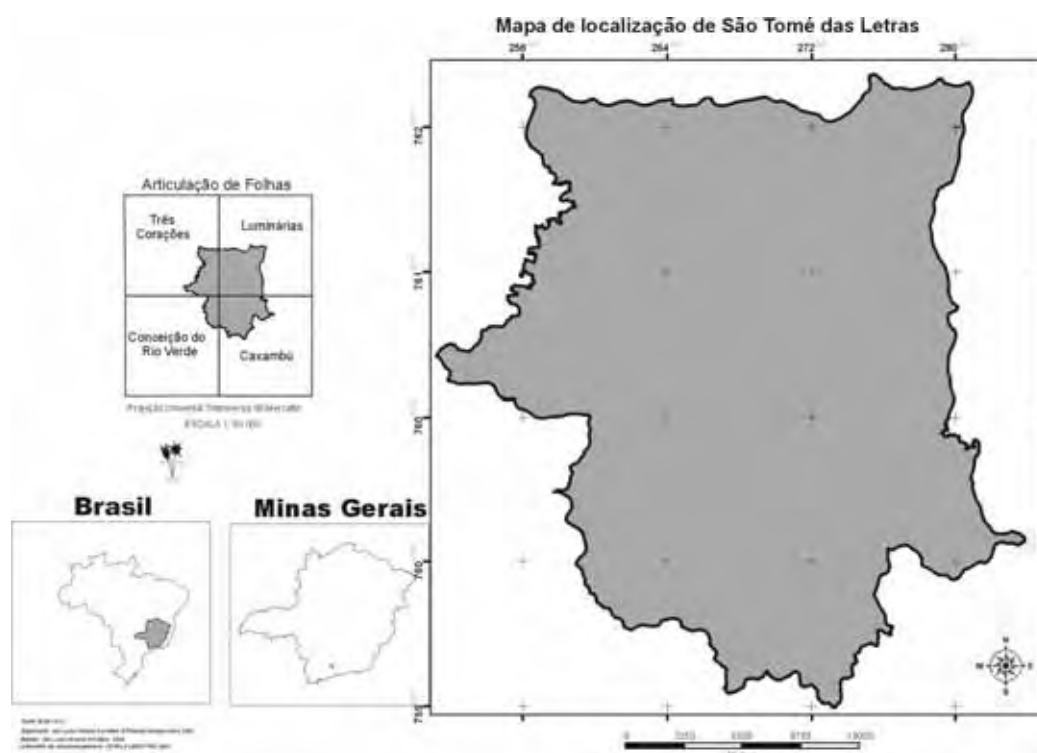


Figura 1.1 – Localização do município de São Thomé das Letras (MG).

CAPÍTULO 2

2. MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS

2.1 – O método

2.1.1 – Inserção da abordagem sistêmica na Geografia: considerações gerais

A pesquisa aqui apresentada tem seu recurso metodológico primordial pautado na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), engendrada oficialmente no pensamento científico por L. Von Bertalanffy no ano de 1937. Em face dos objetivos estipulados, esta (meta) teoria foi desdobrada em algumas facetas utilizadas na Geografia Física e na Geomorfologia que serviram como condutoras gerais da investigação, numa proposta de abordagem integrada do método sistêmico de interpretação. Tal método encontra vasto campo de aplicação nos estudos ambientais. Penteado-Orellana (1985, p. 126), sobre isso, coloca que:

“Desde que o meio ambiente é o resultado de interrelação e funcionamento entre elementos Sociais e Naturais em forma de sistemas, a melhor metodologia de abordagem é a análise sistêmica. Cada área, cada região, cada zona, cada setor do espaço devem ser analisados como uma unidade sistêmica homogênea ou heterogênea, dependente de outros organismos, na maioria das vezes, subsistemas articulados uns aos outros em relações de cascata”.

A abordagem sistêmica tem por propriedade fundamental valorizar os padrões de interação e interdependência inerentes à organização espacial no objetivo de entender o todo em detrimento das partes. A funcionalidade de um sistema, tido como entidade complexa e não-linear, depende da relação estreita entre seus atributos, que não pode ser apreendida com base em uma perspectiva reducionista aos moldes do método científico tradicional trazido no bojo da revolução científica moderna.

A incorporação do método sistêmico aos estudos ambientais toma relevo à medida que se passa a reconhecer a complexidade intrínseca à dinâmica natural. A natureza deixa de ser entendida segundo uma óptica imutável e previsível derivada de um comportamento interpretado em bases mecanicistas e toma para si a condição de estrutura complexa, numa postura que renuncia a visão segmentada e instiga uma revisão das concepções

epistemológicas trazidas no bojo da revolução científica moderna, insistentemente vigentes até então. Tomado pelo espírito da complexidade, Morin (1977, p. 48) proclama que “trata-se de uma revolução dos princípios e do método”.

O método sistêmico se projeta como adequado para investigar os atuais sistemas de relação entre homem e natureza, cujo grau de complexidade foge à alçada do método científico tradicional. Nos dizeres de Capra (1982), a maior parte do atual corpo intelectual possui visão estreita da realidade, fruto do reducionismo mecanicista. Problemas como guerras, existência de população marginalizada, fome, aumento populacional, sobrepressão aos recursos naturais, poluição e degradação ambiental, entre outros, são sistêmicos, portanto, interligados e interdependentes, o que sugere que não devem ser entendidos segundo uma óptica separatista e fragmentada, em conformidade com a postura metodológica clássica, mas que necessitam de uma abordagem conjunta capaz de elucidar os verdadeiros condicionantes da atual forma de apropriação da natureza e produção do espaço e da condição humana presente em sua estrutura.

Ao conceber a Teoria Geral dos Sistemas, Bertalanffy vislumbrava a necessidade de se entender os fenômenos em sua totalidade em detrimento de suas partes, conforme se verifica nesse excerto de sua obra:

“É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo” (BERTALANFFY, 1973; p. 53).

Alicerçado na formulação supracitada, L.V. Bertalanffy mostra sensibilidade em relação ao esgotamento e às limitações dos esquemas metodológicos da ciência clássica, entendendo que a necessidade do estudo integrado dos fenômenos em detrimento de uma óptica separativa e reducionista. A esse respeito, o autor apresenta a seguinte justificativa:

“A necessidade resultou do fato do esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes ter se mostrado insuficiente para atender aos problemas teóricos, especialmente nas ciências bio-sociais, e os problemas práticos propostos pela moderna tecnologia. A viabilidade resultou de várias novas criações – teóricas, epistemológicas, matemáticas, etc. – que, embora ainda no começo, tornaram progressivamente realizável o enfoque dos sistemas” (BERTALANFFY, 1973, p. 29).

A Geografia incorporou de maneira contundente a abordagem sistêmica em seu arcabouço teórico-metodológico, encontrando possibilidade exemplar de aplicação no estudo de bacias hidrográficas, unidade de análise ideal para os projetos de planejamento e gestão. Em uma bacia de drenagem, os processos de transporte e transferência de matéria e energia entre os subsistemas componentes mostram de maneira clara, modelística e didática o funcionamento de um sistema.

O estudo dos fenômenos geográficos pelo viés sistêmico também pode ser perpetrado em entidades territoriais de ordem política, como o município. O planejamento do território municipal e o zoneamento ambiental realizados segundo as potencialidades e restrições de uso do solo reclamam uma abordagem capaz de integrar em um mesmo conteúdo discursivo e operacional os atributos componentes do espaço, cuja estrutura e dinâmica é derivada da interação entre eles. Dessa forma, ainda que as fronteiras políticas de determinado território não guardem consonância com os sistemas ambientais físicos, uma série vasta de sistemas pode estar adstrita a tais fronteiras, e a abordagem sistêmica é das mais adequadas para o entendimento de seu funcionamento e das ligações entre tais sistemas na composição geral do território. Ross (1983) lembra que, não raro, os limites territoriais entre países, estados ou municípios são definidos mediante acidentes geográficos, situação em que rios, serras e espigões divisores de bacias hidrográficas impõem as linhas divisórias.

A concepção sistêmica no universo da Geografia está arraigada em seus primórdios enquanto ciência autônoma e sistematizada, e já era praticada por Humboldt que, munido de seu conceito de *Landschaft*, executava o estudo integrado da paisagem. De Martonne (1953, p. 13) assinala de maneira oportuna que:

“Seja qual for o fenômeno que estuda – relevo, solo, temperatura, vida vegetal -, Humboldt não se contenta com encara-lo em si mesmo, com estuda-lo como geólogo, como meteorologista ou botânico; o seu espírito filosófico vai mais longe: volta-se imediatamente para outros fenômenos que o meio onde se encontra oferece à sua observação; remonta às causas e desce até as mais longínquas conseqüências, nelas incluídos os factos políticos e históricos. Ninguém mostrou de modo mais preciso como o homem depende do solo, do clima, da vegetação, como a vegetação é função dos fenômenos físicos, como estes mesmos dependem uns dos outros”.

O excerto acima, além de reconstituir elementos do método de estudo da paisagem desenvolvido por Humboldt, ilustra o *princípio da causalidade*, sublinhando a

interdependência entre os componentes do estrato geográfico. Acrescenta a este princípio o que foi chamado de *princípio da geografia geral*:

“Quando fixa a sua atenção num problema geológico, biológico ou humano, esse grande espírito não se absorve na contemplação do facto local; volta o seu olhar para as outras regiões onde se observam factos análogos, e é sempre uma lei geral, válida para todas as circunstâncias semelhantes, que ele procura formular. Nenhum ponto lhe parece independente do conhecimento do conjunto do globo. A aplicação deste princípio é o desmoronamento definitivo da barreira que separa a geografia regional da geografia geral, a aproximação destes dois ramos duma ciência e a sua recíproca fecundação. No dia em que foi compreendida a significação de tudo isso nasceu a geografia moderna (DE MARTONNE, 1953, p. 13).

A transcrição subsequente, datada de 1808 e contaminada pelo romantismo de Goethe, publicada exatamente no mesmo ano em que este autor revelou ao público a tragédia “Fausto”, uma de suas obras máximas e que alcançou grande representatividade no romantismo europeu, ilustra a postura holística de Humboldt:

“o mundo físico se reflecte no mais íntimo do nosso ser, em toda a sua verdade. Tudo quanto dá carácter individual a uma paisagem: o contorno das montanhas que limitam o horizonte num longínquo indeciso, a escuridão dos bosques de pinheiros, a corrente que se escapa de entre as selvas e bate com estrépido nas rochas suspensas, cada uma destas coisas tem existido, em todos os tempos, em misteriosas relações com a vida íntima dos homens” (HUMBOLDT, 1950, p. 212).

A perspectiva sistêmica, portanto, se inscreve de forma explícita na elaboração do conceito de paisagem. Tricart (1982), adaptando a definição de Deffontaines (1973 *apud* Tricart, 1982, p. 18), preconiza que “Uma paisagem é uma porção perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global”.

Tal concepção pressupõe que a paisagem é entidade de análise geográfica dotada de carácter concreto, passível de ser estudada pelo viés sistêmico e convertível em documentos cartográficos.

Cada vez mais o meio físico deve ser encarado sob uma óptica totalizadora e integrativa, evitando pontos de vista setoriais e perseguindo uma visão integrada de todos os componentes do sistema, entre eles os aspectos sócio-econômicos. É sabido que a natureza do uso e ocupação do solo interferem de maneira direta na morfologia e dinâmica da paisagem.

Gregory (1992) elucida que o processo de incorporação da abordagem sistêmica na Geografia Física estendeu-se por 35 anos, tendo início em 1935 com a formulação do conceito de *ecossistema* pelo ecólogo-botânico A. G. Tansley e recebendo o coroamento definitivo com a publicação da obra *Physical Geography: a system approach* de Chorley e Kennedy no ano de 1971. Desde então, a postura sistêmica é, indiscutivelmente, uma das principais condutoras nas pesquisas em Geografia Física, marcando o pensamento de diversos autores, alguns aqui lembrados em interessante coleção de obras (CHORLEY 1962); (CHORLEY & KENNEDY 1971); (CHORLEY, 1971); (CHORLEY, 1972); (HOWARD 1973); (CHRISTOFOLETTI, 1979, 1987, 1999); (CHORLEY & HAGGET 1975); (SCHUMM 1977); (HAGGET 1979).

Diante da complexidade inerente ao meio físico, em seus aspectos morfológicos e dinâmicos, se faz oportuna a opção por uma abordagem integrada do método sistêmico em Geografia Física, congregando o estudo da fisiologia da paisagem em três níveis de abordagem e a análise dos geossistemas e da paisagem para fins de compartimentação, considerações sobre a evolução morfológica e discussão integrada das unidades de paisagem discernidas.

2.1.2 – Os geossistemas e a paisagem

Uma derivação seminal da Teoria Geral dos Sistemas em Geografia corresponde ao estudo dos geossistemas, conceito este proposto, primeiramente, no início da década de 1960 pelo geógrafo russo Viktor B. Sotchava. Christofolletti (1999) explica que o referido geógrafo da ex-URSS visava estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, cuja base reside numa visão integrada dos elementos naturais em detrimento do enfoque dado à dinâmica biológica, ressaltando assim a conexão existente entre a natureza e a sociedade.

O geossistema é um conceito territorial, uma unidade espacial bem delimitada e analisada em uma escala definida, onde as estruturas e mecanismos de funcionamento são considerados globalmente em sua morfologia e nos fluxos de matéria e energia operantes.

Sotchava (1978) defende a necessidade, para os estudos geográficos, em se estabelecer uma área homogênea elementar, designada pelo termo *biogeocenose*. Tais áreas estariam conectadas em um padrão hierárquico, partindo de níveis topológicos ou

locais, passando por níveis regionais até atingirem o nível planetário. Assevera que a distinção de uma área homogênea é o ponto de partida para a classificação do geossistema:

“As áreas homogêneas similares unem-se no fácies, ainda também segundo o princípio da homogeneidade. Daí para as generalizações, às classes superiores vão se superpondo (grupos e classes de fácies, geomas, etc.) até formarem em sua totalidade a classificação da fileira dos geômeros” (SOTCHAVA, 1978, p. 06).

Fica bem claro, portanto, nos escritos de Sotchava, que, para o geógrafo russo, as organizações espaciais se manifestam segundo uma hierarquia que articula os níveis planetários e topológicos, passando por níveis regionais intermediários, num encadeamento eminentemente sistêmico. Para o autor (1977), a taxonomia dos geossistemas é construída segundo duas classes independentes e, ao mesmo tempo, intercondicionadas, as quais foram designadas por geômeros (estruturas homogêneas) e geócoros (estruturas heterogêneas), que, em sua totalidade, personificam as estruturas das paisagens terrestres. É assim posto que:

“Hierarquia de construção é a mais importante feição dos geossistemas. Devido a isso, tanto a série elementar da superfície da Terra, quanto o geossistema planetário (“geographical cover”), ou as subdivisões intermediárias do meio natural, representam (cada qual separadamente ou em conjunto) uma unidade dinâmica, com uma organização geográfica a ela inerente” (SOTCHAVA, 1977, p.09).

A concepção de encadeamento e sobreposição entre sistemas hierarquicamente distribuídos pensada por Sotchava é também compartilhada por Morin (1977), conforme se explica nessa passagem:

“o ser humano faz parte de um sistema social, no seio dum ecossistema natural, que por sua vez está no seio dum sistema solar, que por sua vez está no seio dum sistema galáctico: é constituído por sistemas celulares, os quais são constituídos por sistemas moleculares, os quais são constituídos por sistemas atômicos” (MORIN, 1977, p. 97).

A noção de sobreposição e interdependência entre os sistemas terrestres advoga em favor da visão global dos fenômenos, à medida que constitui, por si mesma, um alerta consistente à mera justaposição de unidades territoriais, fornecendo assim as impressões de ligação e interdependência que caracterizam o pensamento sistêmico.

Além da Escola Soviética, o estudo dos geossistemas também teve grande êxito na França por intermédio das pesquisas de Georges Bertrand, que discute de maneira integrada o geossistema e a paisagem no escopo da Geografia Física global.

Para Bertrand (1971), deve-se admitir certa flexibilidade no tocante à escala para os estudos das paisagens. Entretanto, o autor clarifica a preferência por enquadrar o geossistema na 4ª e 5ª ordem de grandeza preconizadas no sistema escalar têmporo-espacial de Tricart (1965), situando os geossistemas nas unidades inferiores, com tamanho compreendido entre centenas de quilômetros a alguns km² de área. Fundamenta tal proposição argumentando que: “É nessa escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas as mais interessantes para o geógrafo” (BERTRAND, 1971, p. 14). Insinua que o geossistema comporta uma série de paisagens que se unem numa mesma família geográfica designada por geofácies – setores fisionomicamente homogêneos onde se processa uma mesma fase evolutiva do geossistema – que por sua vez contém os geotopos, as menores unidades homogêneas discerníveis no espaço geográfico.

Para Troppmair (2004, p. 07), paisagem e geossistema configuram conceitos similares que formam um binômio. Discorre que “A estrutura, as interrelações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um Geossistema dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada”.

Com base em tais idéias é que o autor (TROPPMAIR, 1983) apresentou sua proposta de divisão do estado de São Paulo em geossistemas, estes subdivididos em mosaicos, correspondentes às geofácies, cada um deles se comportando como uma paisagem distinta traduzida por um atributo de destaque responsável pela fisionomia geral da paisagem correspondente. Ao gosto da Escola Soviética, o autor brasileiro concebe a manifestação dos geossistemas em grandes extensões territoriais, transpondo as grandezas escalares estimadas por Sotchava para a realidade brasileira:

Transferindo estas escalas para o nosso país, também extremamente grande, podemos exemplificar como Geossistemas as Planícies Costeiras (do sul, do centro ou do norte de um estado ou país), o Planalto Meridional ou Planalto Central. Dentro desses, as superfícies aplainadas, mais o conjunto de encostas com vales, com centenas de quilômetros quadrados formam geofácies, e estes novamente subdivididos, como o fundo de um vale ou uma encosta, formam os geotopos. Mesmo esta última divisão (geotopo) abrange área de muitos, até dezenas de quilômetros quadrados”. (TROPPMAIR, 2004, p. 04. Grifo do autor).

A propósito da fisionomia da paisagem, à vegetação foi exaustivamente atribuído o papel de elemento de destaque na distinção de um complexo paisagístico. Deffontaines

(1933) exaltava o papel da cobertura vegetal na paisagem terrestre, que, vista do alto, se assemelharia a um imenso “tapete verde”.

Com base nos postulados possibilistas da Geografia Regional Francesa, Paul Vidal De La Blache (1954, p. 31) também destacava o papel fundamental da vegetação na composição da paisagem:

“A fisionomia da vegetação é tanto a marca mais expressiva de uma região, como sua ausência é um dos fatos que mais nos impressiona. Quando tentamos evocar uma paisagem, já esfumada nas nossas recordações, não é a imagem de uma planta em particular, de uma palmeira ou de uma oliveira, que nos representa na memória; é antes o conjunto dos diversos vegetais que revestem o solo, que lhe sublinham as ondulações e os contornos, imprimindo-lhe pelo desenho das formas, cores, espaçamentos ou massas, um caráter de individualidade”.

Em seus estudos, V. B. Sotchava valorizava a taiga siberiana como elemento marcante nas terras baixas da bacia do Rio Obi e nos planaltos centrais ao norte do Lago Baikal, ressaltando também a importância da cobertura vegetal na determinação da paisagem.

Segundo alguns eixos interpretativos, e isso foi explicitado, paisagem e geossistema formam um binômio, uma sobreposição conceitual, negada por alguns autores que diferenciam tais categorias de análise. Oliveira (2003), estudando a problemática, propõe uma diferenciação concluindo que o geossistema representa um conjunto orgânico e dinâmico composto por elementos bióticos e abióticos e antrópicos regido por relações variáveis no tempo e no espaço, ao passo que a paisagem seria a materialização de um estado do geossistema por meio de uma combinação particular e histórica de seus constituintes.

2.1.3. A fisiologia da paisagem

No âmbito da concepção sistêmica, Ab’Sáber (1969) propõe importante recurso metodológico para o campo da Geomorfologia calcado em três níveis de abordagem considerados como fundamentais para a pesquisa geomorfológica, nos quais a postura de orientação sistêmica é intrínseca, aplicada ao estudo da *fisiologia da paisagem*.

O autor esclarece que o primeiro nível de tratamento cuida da compartimentação da topografia regional e da caracterização e descrição das formas de relevo de cada compartimento, enquanto que em um segundo nível o que interessa é, além das

informações morfológicas básicas, dados sistemáticos sobre a estrutura superficial da paisagem a fim de atingir níveis interpretativos acerca dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos ocorridos ao longo do Quaternário. O terceiro nível se encarrega de entender globalmente a dinâmica atual da paisagem em seus processos pedogenéticos e morfogenéticos.

Cruz (1974), tomando o estudo da fisiologia da paisagem como estratégia metodológica, esclarece que a diferenciação de áreas em setores permite uma interpretação global, tanto do ponto de vista estrutural, morfológico e hidrográfico como para o estudo da “fisiologia da paisagem”.

Nesse sentido, a fisiologia da paisagem constitui uma proposta de análise que toma a paisagem como unidade espacial, considerando sua integração espaço-temporal e levando em conta os processos genéticos envolvidos em sua elaboração (CONTI, 2001).

Uma vez feita a compartimentação e discutidas as diferenciações, percebe-se que cada setor, em função de seus atributos físicos específicos, foi submetido a uma evolução diferenciada, que legou à paisagem da área de estudo diferentes padrões. Cada setor apresenta uma dinâmica diferente, e, portanto, uma fisiologia distinta. A Geografia Física permite uma discussão a respeito da maneira como tais setores vêm evoluindo separadamente por conta de suas diferenças fisionômicas e estruturais.

Para a presente pesquisa, a abordagem supracitada foi adotada, sendo tomada com maior veemência a opção pelos dois primeiros níveis de tratamento, com ingressões ponderadas no terceiro nível, o que se deu conforme os materiais e informações disponíveis. O autor (AB’SÁBER, 1969, p. 3) esclarece que:

“Desde que se faça ao mesmo tempo o estudo da compartimentação e das formas e o estudo da posição dos diferentes tipos de depósitos superficiais – e, considerações adequadas sobre sua significação paleogeográfica – todos os pesquisadores ficam concordes, quanto ao valor metodológico do procedimento. Em outras palavras, desde que se lhes demonstre que o realmente pretendido é um estudo da compartimentação da paisagem, acompanhado *pari passu* por uma prospecção superficial dos diferentes depósitos de vertentes, terraços e planícies, todos ficam plenamente de acordo sobre a validade do método”.

2.1.4. A paisagem como sistema processo-resposta

É de conveniência que a paisagem seja tratada como unidade geoambiental, onde ocorre uma ordem definida de processos. Uma determinada unidade de paisagem, que pode ser uma bacia hidrográfica ou outra qualidade de compartimento geomorfológico, pode ser entendida e estudada em conformidade com os sistemas ambientais de Chorley & Kennedy (1971). Os autores apresentam uma classificação onde distinguem cerca de onze tipos de sistemas, quatro deles, conforme destaca Christofolletti (1999), mais relevantes para o campo de atuação da Geografia Física e dos estudos ambientais em geral, os quais serão levados em conta no presente estudo de caso, e cuja estruturação é mostrada na Figura 2.1.

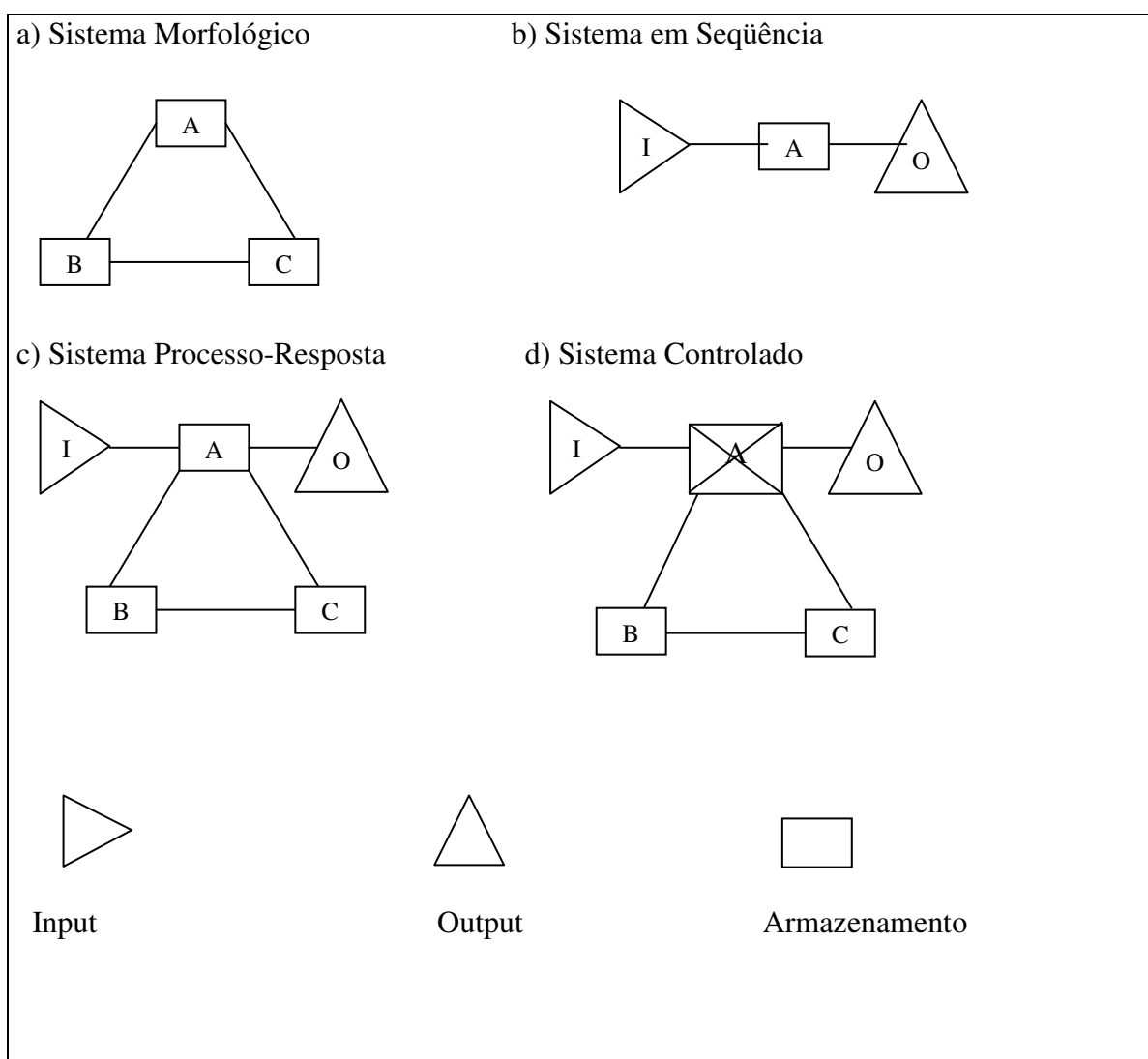


Figura 2.1. Tipologia dos sistemas de Chorley e Kennedy (CHRISTOFOLETTI, 1999).

(a) sistemas morfológicos: são compostos pela associação entre as propriedades físicas dos sistemas e seus atributos constituintes. Configuram os sistemas menos complexos das estruturas naturais e expressam as formas da paisagem;

(b) sistemas em seqüência ou encadeantes: são formados por subsistemas em cadeia que estabelecem uma relação de cascata de matéria e energia, onde o *output* de um sistema é tomado como *input* pelo subsistema da seqüência;

(c) sistemas de processos-respostas: são formados por meio da conjugação dos dois sistemas anteriores, combinação na qual os sistemas em seqüência são indicativos dos processos e os sistemas morfológicos das respostas. Tal raciocínio implica que alterações nos fluxos de matéria e energia exercem reflexos no meio expressos pela modificação na estrutura do sistema morfológico baseada no reajustamento de suas formas e da dinâmica das variáveis na busca de uma relação mais equilibrada entre processos e formas;

(d) sistemas controlados: são formados mediante intervenção antrópica nos sistemas, que podem alterar as formas e os fluxos de matéria e energia em diferentes escalas e intensidades.

As manifestações dos traços referentes aos sistemas supracitados são empiricamente bastante satisfatórias, e conduzem a resultados plausíveis. Embora uma bacia hidrográfica seja a unidade de análise mais apropriada para a interpretação dos pressupostos arrolados, tais qualidades de sistemas também podem ser discernidas em compartimentos geoambientais cuja distinção não se refere, necessariamente, à divisão do terreno em bacias de drenagem. A reorganização dos sistemas conforme as alterações nos fluxos de matéria e energia demonstra propriedades de retroalimentação dos sistemas, bem como o rompimento de limiares de resiliência, colocando em tela seu caráter caótico e não-linear.

2.2. Técnicas adotadas

2.2.1. Compilação bibliográfica

Os procedimentos técnicos e operacionais foram embasados por pesquisa bibliográfico-cartográfica e aplicação de técnicas específicas somada ao controle de campo, os dois sustentáculos fundamentais da investigação aqui apresentada.

A bibliografia utilizada é composta por referências consideradas essenciais, que deram base aos objetivos centrais que foram propostos, e por um outro grupo de referenciais de natureza complementar, que subsidiaram as necessidades abertas com a proposição dos objetivos específicos.

Os referenciais essenciais são aqueles que tratam da área em específico, tanto em seus aspectos físicos-descritivos como em seu contexto genético-evolutivo. Também partilham desse grupo os materiais de conteúdo referente ao método sistêmico e a outros temas abordados: compartimentação geoambiental; estudos das superfícies de erosão; Geomorfologia do Quaternário; neotectônica.

No tocante à bibliografia complementar, foram feitas recorrências a materiais referentes ao quadro físico regional, a fim de situar a área no contexto geográfico do Brasil Sudeste e Oriental, além de literaturas direcionadas a algumas questões mais específicas, como o desenvolvimento localizado de formas cársticas, que demandou um embasamento sobre o tema. Também se adequam a este conjunto as consultas que desempenharam funções de preenchimento da discussão sem tratar do tema em específico.

2.2.2. Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram levados a efeito em todas as estações do ano. Em tais oportunidades é que foram feitas as medições, interpretações empíricas e coleta de dados e materiais que foram posteriormente trabalhados em gabinete.

Foram coletadas amostras de rochas em pontos estratégicos previamente estabelecidos, além de materiais clásticos e sedimentos finos em talvegues, planícies de inundação e terraços de alguns cursos d'água, além de análises efetuadas *in loco*. A observação do material coletado auxiliou as considerações feitas acerca da evolução morfológica da área.

2.2.3. A compartimentação do meio físico

O trabalho de compartimentação foi realizado em escala de 1/50000, tendo como apoio as saídas de campo e a interpretação das cartas topográficas, imagens de satélite e radar. A proposição apresentada valorizou, em primeira instância, a conformação topográfica da área, ponto de partida para a diferenciação de unidades de paisagem.

Critérios morfométricos, como declividade, amplitude altimétrica e comprimento de rampa, compuseram outro conjunto de procedimentos para o trabalho de compartimentação.

As declividades foram medidas pelo ábaco graduado, técnica proposta por De Biasi (1970). Embora não tenha sido feito uma carta clinográfica completa para fins de cruzamento direto, as classes identificadas com a passagem do ábaco entre as isolinhas ajudaram na diferenciação entre os compartimentos, prestando o auxílio necessário.

O comprimento de rampa, entendido por Moreira e Pires Neto (1998) como a distância entre a linha divisória e a linha do talvegue traçada perpendicularmente à forma do relevo, também subsidiou a diferenciação das unidades de paisagem. Os valores de extensão das vertentes, no presente trabalho, foram medidos diretamente na carta. Foi confeccionada uma grade de células quadráticas de 2 cm x 2 cm, nas quais foram traçados os caminhos preferenciais de escoamento superficial, posteriormente quantificados e calculados em seus valores médios, que foram anotados na célula, gerando-se um plano de informações numéricas representativas da extensão das vertentes segundo o comprimento médio verificado.

A construção de perfis topográficos para auxiliar a compartimentação e possibilitar uma maior visualização dos compartimentos, bem como diversificar sua representação, se deu diretamente nas cartas topográficas articuladas, e, quanto às técnicas de elaboração, recorreu-se a Sanchez (1975).

A edição da carta geomorfológica, que se deu dentro dos limites de detalhamento possibilitados pela escala trabalhada, seguiu os procedimentos de Ross (1990, 1992) e Ponçano *et alli.* (1981), sendo que em alguns casos foi possível dissociar a forma de relevo dentro de um padrão de formas semelhantes, descendo do terceiro para o quarto nível taxonômico, refinando assim o detalhamento das informações.

De posse dos elementos qualitativos e morfométricos levantados para a compartimentação, foi estabelecida uma nomenclatura simbólica para os diferentes compartimentos, representada na forma de símbolos inseridos sobre os polígonos, com uma ou duas letras maiúsculas fazendo menção às formas gerais do relevo em questão e uma ou duas letras minúsculas representando os processos atuantes ou traços morfológicos subsidiários. A topografia acidentada e marcante que caracteriza a área de estudo, é conveniente insistir, possibilitou a compartimentação a partir da análise das formas de relevo, tomado em associação com os demais componentes do conjunto da paisagem.

2.2.4. Estudo da evolução morfológica

O estudo da evolução morfológica, que enfatizou o período Quaternário, se valeu de técnicas geomorfológicas, procurando identificar a posição topográfica de terraços fluviais em relação a outros compartimentos e interpretar a natureza do intemperismo a que os sedimentos encontrados foram submetidos, conforme as orientações de Suguio (1999). Em mesma medida, formas e processos identificados, entre eles os sistemas cársticos, foram considerados no conjunto da evolução quaternária do relevo.

Depósitos rudáceos de terraço foram analisados como subsídio a interpretação dos mecanismos morfogenéticos que operaram durante o Quaternário. Foram realizadas coletas de material em três pontos específicos, todos eles nos terraços, principais modelados de acumulação sedimentar da área de estudo. As amostras foram lavadas para posterior medição de seu comprimento e largura considerando o eixo maior, e classificadas segundo o grau de arredondamento conforme proposto por Mendes (1984), resultando nas seguintes categorias: angular (extremidades arestadas formando ângulos pronunciados); subangular (maior parte das extremidades formando ângulos pronunciados); subarredondado (maior parte das extremidades com sinais de arredondamento e suavização das arestas); arredondado (arredondamento verificado em todas as faces da amostra).

Para o estudo das superfícies de erosão, foram adotados os procedimentos apresentados por Barbosa (1980), e que serão expostos mais com maior detalhamento no capítulo dedicado a esta parte da pesquisa.

2.2.5. Estudo de aspectos morfotectônicos

A abordagem neotectônica procurou identificar efeitos tectônicos recentes na drenagem e na topografia. A rede hidrográfica local foi extraída em papel vegetal para posterior edição do mapa de lineamentos, que sofreram processo de pré-seleção a fim de destacar apenas aqueles mais consistentes em termos de direção e tamanho, no intuito de destacar as falhas e sistemas de fraturas mais expressivas.

A extração dos lineamentos levou em conta as orientações de Liu (1984), que salienta que os estudos estruturais, durante o processo de coleta de dados, devem guardar consonância escalar com as feições estruturais que serão analisadas, sendo que quanto mais

detalhada a escala, mais compreensível a diversidade estrutural e mais fácil a inspeção dos lineamentos locais. Na presente pesquisa é adotada a escala macroscópica de trabalho, aplicável a escalas entre 1/50000 e 1/100000 e direcionada para a identificação de dobras, falhas, traços de fraturas, diques, lineamentos estruturais, vulcões, crateras, entre outras feições. A interpretação se valeu da visão monoscópica, com recorrência ao auxílio de lupa, a qual segundo Liu (1984) permite a identificação de uma grande quantidade de detalhes regionais do relevo. As imagens de satélite foram examinadas em consonância com as cartas topográficas, que também auxiliaram de maneira decisiva para o traçado dos principais lineamentos.

A análise dos padrões de drenagem foi feita com base em Summerfield (1991) e das anomalias segundo Schumm (1986). Também foram considerados, para complemento, os padrões básicos em comparação aos padrões básicos modificados, conforme proposição de Howard (1967).

O estudo da neotectônica também valorizou a uma abordagem quantitativa baseada na mensuração de alguns índices geomórficos úteis para avaliar efeitos tectônicos recentes.

Um dos índices trabalhados foi o Fator Assimetria de Bacias de Drenagem (FABD) (Figura 2.2), conforme proposto por Hare & Gardner (1985), que indica a assimetria de bacias hidrográficas com base na migração lateral dos canais (Figura 3). Tal parâmetro é dado pela fórmula:

$$FABD = 100 (A_r/A_t)$$

Onde:

A_r = área da margem direita do curso d'água principal

A_t = área total da bacia

Segundo a fórmula apresentada, valores inferiores a 50 correspondem a um basculamento da margem direita da bacia, ao passo que valores superiores a meia centena são indicativos de basculamento da margem esquerda (SALAMUNI, 1998).

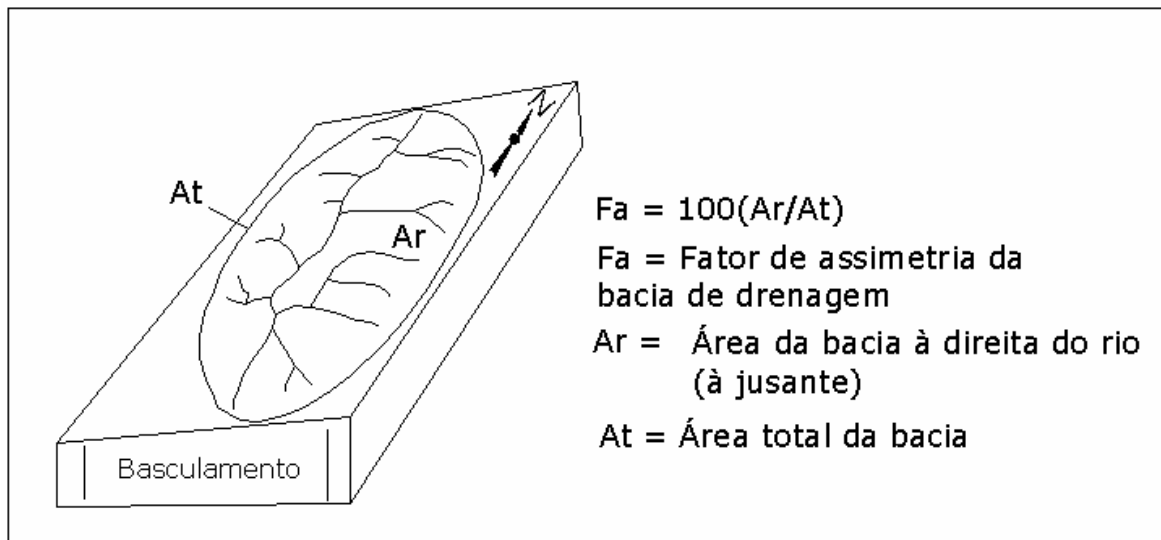


Figura 2.2. Fator assimetria de bacias de drenagem (Hare & Gardner, 1985)

Outra forma de abordagem que foi utilizada para o estudo da neotectônica se refere ao Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT) (Figura 2.3), técnica desenvolvida por Cox (1994) que tem por base a assimetria do perfil transversal do canal em face às migrações.

A aplicação desta técnica exige o estabelecimento da linha média da bacia e de perfis perpendiculares ao canal principal. Daí tem-se que

$$FSTT = D_a/D_d$$

Onde

D_a = distância entre a linha média da bacia e o talvegue

D_d = distância entre a linha média da bacia e seu divisor



Figura 2.3. Fator de simetria topográfica transversal (COX, 1994).

Os valores obtidos podem variar entre 0 (drenagem simétrica, com a linha média da bacia coincidindo com o talvegue) e 1 (drenagem assimétrica, com o canal próximo a linha divisória da bacia).

Ambas as técnicas foram aplicadas em bacias hidrográficas selecionadas, cujos perímetros se encontram totalmente adstritos ao município.

O conjunto geral dos procedimentos que foi adotado para a execução da presente pesquisa se relacionam entre si, e está representado de forma sistemática na Figura 2.4.

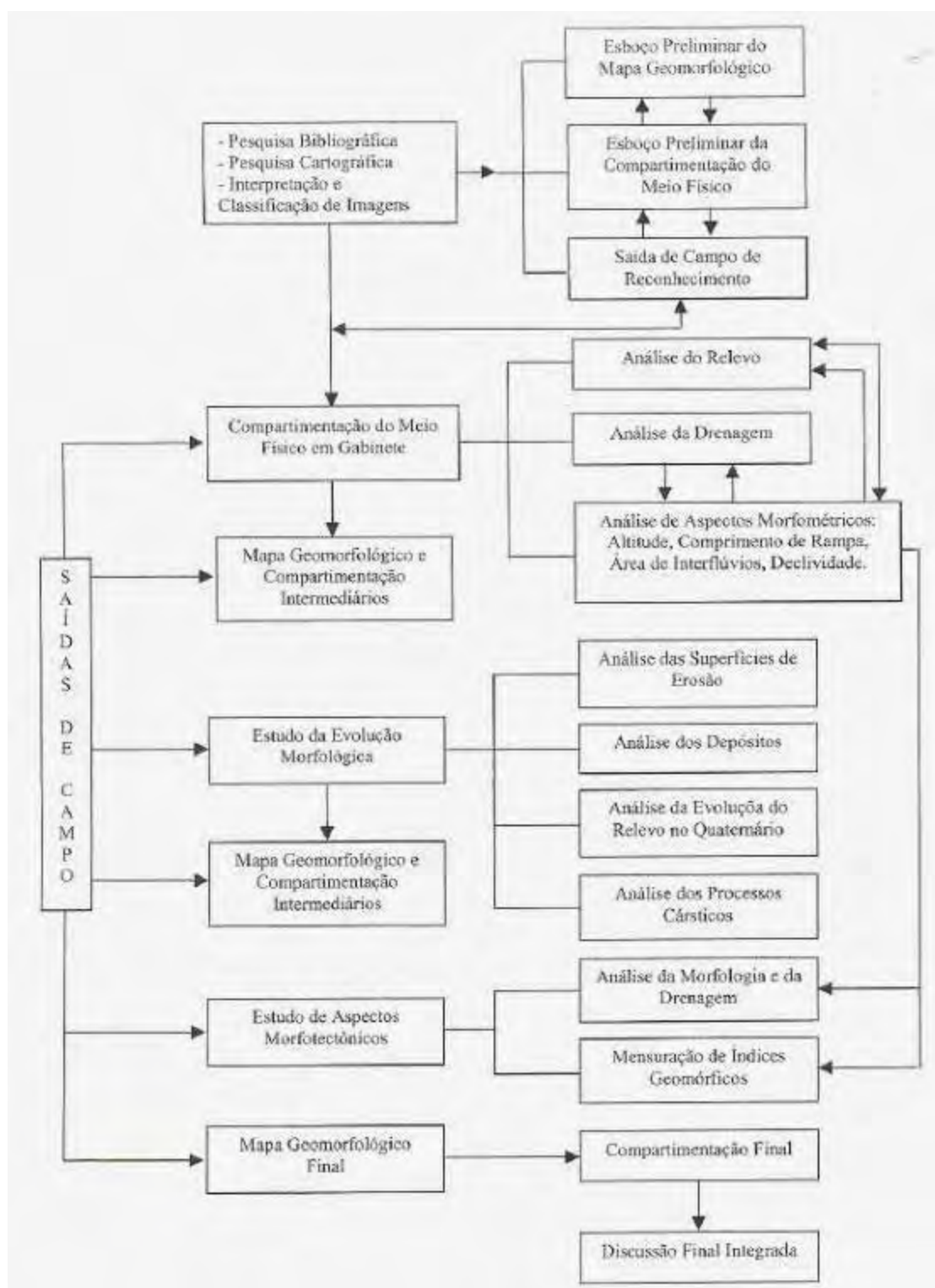


Figura 2.4. Representação esquemática dos procedimentos gerais da pesquisa.

2.3. Materiais utilizados

As bases cartográficas utilizadas foram as seguintes folhas do IBGE articuladas, na escala 1/50.000: Luminárias (SF-23-X-C-IV-1), Três Corações (SF-23-I-IV-2), Caxambu (SF-23-X-C-IV-3) e Conceição do Rio Verde (SF-23-V-D-VI-4).

Também foram utilizadas cartas geológica e estrutural referentes à Folha Luminárias editadas por Almeida (1992).

A contextualização regional foi auxiliada pelos mapeamentos do Projeto RADAMBRASIL (1983) na escala de 1/1.000.000, correspondentes aos mapas geológico e geomorfológico da Folha SF-23 (Vitória/Rio de Janeiro).

Foram analisadas imagens de satélite TM – LANDSAT – 7, composição colorida, colhidas de Miranda & Coutinho (2003), imagens do satélite CBERS/CCD fornecidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e imagens de radar obtidas de sensores a bordo do ônibus espacial ENDEAVOUR para o projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), organizadas em mosaicos por Miranda (2005).

Pontos de localização importantes foram anotados em GPS (Global Position System) marca Garmin, modelo eTrex Summit.

Os documentos cartográficos e desenhos em geral foram elaborados nos programas Auto Cad 2000 e Corel Draw 9.

Para a classificação de imagens e extração dos lineamentos foram utilizados imageamentos aeroespaciais CBERS/CCD, já mencionados, de resolução espacial de 20 metros e banda 342, gerando a composição colorida. Aplicou-se, para a classificação, o procedimento de segmentação 23/24 para a posterior classificação supervisionada, feita mediante o uso do classificador Bhattacharyya, com o qual foram estabelecidas as classes apontadas no mapa que foi gerado, editado por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto em ambiente de SIG (Sistemas de Informação Geográfica), lançando mão dos softwares Arc Map.8 e SPRING 4.0.

Outros materiais utilizados se referem ao martelo geológico (utilizado para coleta de amostra de rochas), trena de 5 m e fita métrica empregadas na medição de alguns atributos do meio físico, além de outros materiais usados na rotina de campo.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDO, COMPARTIMENTAÇÃO E ZONEAMENTO DA PAISAGEM

3.1 Aspectos teóricos

A perspectiva integrada do método sistêmico aplicado à Geografia no estabelecimento de áreas de relativa homogeneidade fisionômica e funcional pode servir de subsídio direto aos projetos de planejamento e gestão, tornando o processo de tomada de decisão e gerenciamento dos recursos disponíveis mais ágil e seguro. A diferenciação de áreas com base no estudo da paisagem e dos geossistemas é capaz de identificar diferentes potencialidades e restrições para a exploração do território, o que constitui objetivo fundamental do zoneamento geoambiental, importante instrumento para as intervenções de ordem político-administrativas. Aswathanarayana (1995) *apud* Menezes (2000) define geoambiente como “*a parte superior da litosfera que é afetada pela população humana, compreendida por rochas, solos, fluidos, gases e organismos, ligado a e influenciado por atmosfera, clima, terreno e cobertura vegetal*”.

As estratégias adotadas para a organização do espaço devem, portanto, levar em conta o grau de complexidade dos sistemas naturais que se desenha quando este é considerado em sua totalidade, o que abrange seus aspectos físicos – bióticos e abióticos – e humanos. Esta cadeia intrincada de inter-relações e interdependências pode ser apreendida de maneira mais segura e eficaz mediante a divisão do objeto de estudo em compartimentos ou unidades de padronagens semelhantes. Não se trata, é claro, de reduzir o todo no estudo setorizado das partes, mas de valorizar sistemas relativamente homogêneos em sua funcionalidade para melhor compreender as ligações entre as diferentes unidades paisagísticas e, assim, melhor compreender a área de estudo como um todo integrado, sempre considerando o encadeamento e a sobreposição existente entre os sistemas terrestres.

A análise integrada do meio físico enquanto entidade sistêmica subsidia de maneira fundamental os projetos de planejamento e as propostas de zoneamento geoambiental. Christofolletti (1993) assevera que é o substrato físico que deve ser manejado, e chama a atenção para o fato de que se os planejadores desconhecem os condicionantes hidrológicos e geomorfológicos, seus projetos poderão vir impregnados de riscos e projeções infelizes. Para tanto, deve haver uma etapa encarregada do diagnóstico dos

fatores sócio-ambientais a ser levada a efeito de maneira criteriosa e objetiva, para que seja capaz de prover um conjunto aceitável de informações.

Termos como compartimentação do meio físico, zoneamento ambiental, zoneamento geoambiental, entre outros, se confundem dentro de sua própria similaridade. Trata-se de estratégias de ordenação territorial cuja base teórico-metodológica deriva diretamente da abordagem sistêmica, onde a paisagem, o geossistema e a bacia hidrográfica constituem importantes referenciais de análise para o geógrafo.

Sanchez & Silva (1995) colocam que não se pode falar em “ordenamento” sem um zoneamento prévio que aponte as potencialidades e restrições de uso de determinado espaço com base na ordenação dos sistemas naturais e na definição da compartimentalização e comportamento das unidades encontradas, o que pode ser feito em diferentes escalas e com vistas prospectivas de exploração. A unidade espacial a ser distinguida no zoneamento deve ser dotada de atributos e dinâmica particulares, conforme colocam os autores:

“Uma entidade espacial dessa natureza envolve uma associação de geoformas, regime de umidade e temperatura, comunidades de plantas e animais, solos e modelos de drenagem superficial e interna, interagindo num cenário onde ocorrem processos físicos e biológicos que qualitativa e quantitativamente são específicos dessa unidade espacial”. (SANCHEZ & SILVA, 1995, p. 49).

Adotando como apoio o estudo da paisagem para fins de zoneamento ambiental, os autores prosseguem ressaltando que:

“A idéia de paisagem encerra o conceito de entidade espacial que, além de sintetizar expressões das qualidades, interações e dinâmicas de uma área específica, permite definir contornos, em níveis de percepção compatíveis com mapeamentos de diferentes temas. E, sobretudo, possibilita o estudo integrado com a visão transdisciplinar exigida para a compreensão e avaliação dos sistemas ambientais expressos nas paisagens” (SANCHEZ & SILVA, 1995, p.49).

Foi seguindo as linhas do caminho sistêmico no estudo da paisagem que o biogeógrafo alemão Carl Troll (1889-1975) empregou o termo Ecologia da Paisagem (*Landschaftsoekologie*) para explicar as relações físico-biológicas que caracterizam a organização de diferentes unidades espaciais. Abre-se, com o desenvolvimento desse conceito, uma outra possibilidade interpretativa para a Geografia.

Surgido no depositário teórico da Escola Alemã de Geografia, o estudo da Ecologia da Paisagem também encontrou respaldo na escola norte-americana e nos países de língua inglesa, onde os estudos de Forman e Godron (1986) constituem referências de destaque.

De acordo com Piccolo (1997), a Escola Americana, através da “*Landscape Ecology*”, enfatiza com maior veemência em seus trabalhos os aspectos bioecológicos mediante a ação de biólogos e ecólogos, ao passo que a Escola Alemã, por intermédio da *Landschatsoekologie*, revela sua tradição nos estudos geoecológicos da paisagem, numa perspectiva geográfica que enfoca a referida categoria de análise como um sistema projetado no espaço.

Sanchez & Silva (1995) asseveram que os estudos da Ecologia da Paisagem se identificam com o zoneamento ambiental, dada sua propriedade em delimitar diferentes paisagens nas quais se integram conjuntos de sistemas inter-relacionados.

O funcionamento sistêmico da paisagem também adquiriu respaldo digno de nota através da abordagem ecodinâmica de Tricart (1977), que discrimina no terreno diferentes meios segundo os processos morfogenéticos atuantes. Parte daí a identificação dos *meios estáveis*, onde o desenvolvimento da pedogênese suplanta os processos morfogenéticos, em compatibilidade com a situação de biostasia de Erhart (1966) e dos *meios instáveis*, nos quais, ao contrário, a morfogênese atua com maior vigor em relação aos processos pedogenéticos, preponderando o que o mesmo autor chamou de resistasia. Em caráter transicional, Jean Tricart propõe a existência dos *meios intergrades*, marcados por um equilíbrio entre morfogênese e pedogênese.

Tricart (1977, p. 32) esclarece, a respeito de seu método de análise da dinâmica da paisagem, que “uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos negativas sobre as biocenoses”, acrescentando que tal conceito se encontra atrelado à definição de ecossistema, uma vez que “baseia-se no instrumento lógico de sistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente”.

O esquema metodológico apresentado por Jean Tricart é representado por uma carta síntese denominada de carta ecodinâmica. De acordo com Tricart (1978), as cartas ecodinâmicas representam diversas características dos ecótopos que influem na organização de determinado meio natural e em diversos aspectos de sua dinâmica, e, como as cartas geomorfológicas, hidromorfológicas e pedológicas, não se prestam como documentos de aplicação direta, mas se encarregam de fornecer, tal como as demais cartas

citadas, informações de base a respeito do funcionamento dos ecossistemas. O autor prossegue colocando que as informações trazidas nas cartas ecodinâmicas são agrupadas em três grandes conjuntos: elementos estáticos (declive do terreno e certas características do modelado local, litologia), elementos dinâmicos (regime hídrico, tipos de pedogênese e diversos aspectos morfodinâmicos) e um conjunto designado por “a organização já realizada”, momento de sobreposição dos conjuntos anteriores para alcançar o nível da abordagem sistêmica.

A abordagem sistêmica de inspiração geomorfológica que constitui o modelo de Tricart deu as bases para uma série de pesquisas no escopo da Geografia brasileira, a maioria delas adaptando e simplificando a complexa carta ecodinâmica sintetizadora do meio ambiente apresentada pelo autor. Partem da orientação de Tricart trabalhos como os efetuados por Ross (1994), Nogueira (2001), entre outras adaptações do modelo ecodinâmico. Na área de estudo, para a bacia do córrego São Tomé, tal modelo foi aplicado por Marques Neto & Viadana (2005).

3.2 Relevância da análise do relevo para a compartimentação do meio físico

Na definição de meio (físico), os três elementos mais importantes a serem atentados são os fatores climáticos, os fatores edáficos e os fatores topográficos (ROUGERIE, 1990).

A atenção para os fatores de ordem geomorfológica são fundamentais no estudo da paisagem enquanto unidade sistêmica. A compartimentação do meio físico pode ser conduzida a partir da análise do relevo, possibilidade esta que é realçada em áreas onde este atributo do complexo paisagístico é dotado de destaque. É o caso de amplas áreas do complexo cristalino do Brasil Sudeste, como os terrenos remanescentes de antigos dobramentos pré-cambrianos no Sul de Minas, as frentes dissecadas de blocos falhados das faixas costeiras geomorfológicamente representadas pela Serra do Mar recuada, o sistema de falhas reativadas no mesozóico da Serra da Mantiqueira, os setores relacionados à faixa de dobramentos da paleocordilheira do Espinhaço, entre outros.

Os compartimentos geomorfológicos podem funcionar como prismas que refletem uma organização sistêmica que se processa na paisagem. Não se trata de eleger o relevo como único e principal atributo formador da paisagem, mas de valorizar seu papel de substrato que conforma as relações entre morfogênese e pedogênese e as demais

articulações espaciais vigentes e necessárias para o discernimento de uma unidade de paisagem enquanto sistema.

Sem negar a importância do relevo para o estudo da paisagem, Tricart (1982) lembra que esta não se resume às obras geomorfológicas, assertiva exemplificada com a associação existente entre os tabuleiros costeiros do litoral do nordeste brasileiro e a vegetação que medra sobre seus solos arenosos, associação esta que reflete na própria designação da paisagem em questão, a *vegetação de tabuleiros*. Monteiro (2000), por sua vez, também corrobora a relevância do relevo na análise do complexo da paisagem em áreas onde ele se faz marcante, da maneira que o é nas bases empíricas de Georges Bertrand, que tomou tal atributo como elemento central para sua proposição acerca dos geossistemas.

Do ponto de vista ecológico e ambiental, as formas de relevo constituem fatores de influência sobre as condições ecológicas locais, criando condições hidrológicas e topoclimáticas específicas, o que mostra que variações no relevo são responsáveis por variações ecológicas que delimitam diferentes mosaicos de paisagem, conforme se considerou, no início do século vinte, para delimitar diferentes “regiões geográficas” (TROPPMAIR, 1990).

O relevo configura, portanto, componente dos mais expressivos na paisagem, sendo, em alguns casos, o atributo mais marcante. O padrão de formas de relevo qualifica substancialmente uma paisagem, que pode ser discernida com base na repetição constante da morfologia onde se circunscreve determinada ordem de relações e *feedbacks* entre o substrato geológico-geomorfológico e os demais atributos. De Martonne (1932) já esclarecera sobre os fatores topográficos atuando em conjunto com os condicionantes climáticos na distribuição dos vegetais. A paisagem faunística, por sua vez, também está na dependência e em estreita relação com o jogo de relações descrito. Sobre isso, Silveira (1965) informa que necessidades de âmbito alimentar, climático e topográfico devem ser satisfeitas para que a fauna habite uma determinada área: a fixação de animais vegetarianos em determinada gleba exige que a flora seja mais ou menos rica em espécies forrageiras e frutíferas, possibilitando a reboque a instalação de animais carnívoros e o estabelecimento de uma cadeia alimentar em todos os níveis tróficos.

O desenvolvimento do arsenal teórico-metodológico para a compartimentação do relevo (e também para a cartografia geomorfológica em geral) teve vida própria na ex-URSS por intermédio, principalmente, das idéias de Gerasimov e Meschericov, que,

apoiados nos princípios teóricos de W. Penck, classificaram o relevo segundo três categorias genéticas: geotextura (grandes feições da crosta associadas a processos de grande amplitude), morfoestrutura (grandes unidades geomorfológicas, como áreas cratônicas, bacias sedimentares e cadeias orogênicas) e morfoescultura (modelado ou padrão de formas desenvolvido através dos agentes exógenos no interior das morfoestruturas) (ROSS, 1990).

A proposta supracitada constitui uma compartimentação do relevo segundo diferentes níveis hierárquicos, e exerceu significativa influência na comunidade geomorfológica brasileira.

A Escola Francesa do pós-guerra também forneceu substancial contribuição para a Geomorfologia praticada no Brasil em diversos aspectos, entre eles naquilo que toca a compartimentação do relevo, vastamente inspirada na proposição taxonômica para as manifestações geomorfológicas de Cailleux & Tricart (TRICART, 1965). Tal classificação têmporo-espacial distingue oito ordens de grandeza para os fatos geomorfológicos, numa proposição genética que esclarece as relações de causalidade entre fatos diferentes. Com base na proposição arrolada integrada ao estudo da paisagem calcado no esquema metodológico de Bertrand (1971), Caseti (1981) propõe uma compartimentação da paisagem segundo uma perspectiva geomorfológica, considerando o relevo em conjunto com os demais componentes do meio físico.

Apresentamos sucintamente as oito ordens de grandeza preconizadas por A. Cailleux e J. Tricart, reveladas em Tricart (1965):

Primeira Grandeza: corresponde às diferenciações elementares entre continente e oceano, considerando as forças endógenas de evolução crustal, e a divisão do globo em zonas climáticas, tomando por base os agentes exógenos de elaboração do modelado terrestre.

Segunda Grandeza: subdivisão do globo em grandes unidades territoriais (dimensões superiores a 1 milhão de km²) e temporais, como plataformas, dorsais e grandes bacias.

Terceira Grandeza: abrange áreas de centenas até dezenas de milhares de km^2 de superfície, correspondendo a estruturas geomorfológicas de destaque, como maciços antigos e bacias sedimentares.

Quarta Grandeza: corresponde a unidades dimensionais cujas grandezas podem variar de dezenas a centenas de km^2 , e se encontram no interior das unidades superiores, sendo que é nesta ordem de grandeza que se acomodam os geossistemas de G. Bertrand. Abrange conjuntos menores embutidos nas grandes bacias e escudos antigos.

Quinta Grandeza: refere-se a unidades com alguns quilômetros de dimensão linear e alguns quilômetros de superfície, correspondendo a uma unidade inferior que, juntamente com a Quarta Grandeza, também é representativa dos geossistemas de G. Bertrand. Pode ser uma faixa de depósito de tálus, uma colina ou um vale (do Jura segundo exemplo do autor).

Sexta Grandeza: dimensões com algumas dezenas a algumas centenas de m^2 de superfície.

Sétima Grandeza: corresponde a microformas desenvolvidas na superfície, tais como os *lapiás* das áreas cársticas ou as manifestações de *tafoni*, formas de intemperismo cavernoso que geram cavidades em rochas aflorantes.

Oitava Grandeza: ordem de grandeza microscópica que permite a visualização do arranjo estrutural e mineralógico que caracteriza o relevo em questão.

O nível de detalhamento a ser atingido com a aplicação direta das ordens de grandeza arroladas está na dependência da escala trabalhada. Quanto mais detalhada for a escala, maiores as possibilidades de representação de elementos de detalhe do relevo, como formas isoladas ou perfis de vertentes. Da mesma forma, quanto maior o detalhamento escalar, maior a visualização da ação antrópica atuando na dinâmica da paisagem em função da menor perspectiva têmporo-espacial que permite, por vezes, a pesquisa e monitoramento da evolução do relevo em tempo real.

Para fins de compartimentação do meio físico, a análise do relevo de maneira separativa e unilateral deve ser substituída por um enfoque sistêmico. Para tanto, os processos atuantes devem ser valorizados em conjunto com os dados morfométricos e de ordem genética. Dentro de uma mesma forma ou conjunto de formas de relevo podem ser identificados processos distintos que denunciam uma dinâmica e evolução particular, e estes fatores estão no âmago de uma proposta de distinção de unidades de paisagem em perspectiva sistêmica.

Consideramos não ser uma postura determinista se valer do relevo como atributo norteador para a compartimentação do meio físico nas áreas onde este se faz marcante e toma padrão movimentado, impondo diversidade ao sistema ambiental e condicionando fortemente a fisiologia da paisagem.

CAPÍTULO 4

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 – Geologia

4.1.1 – Evolução do conhecimento geológico

Entre as investigações pioneiras da geologia do Sul de Minas Gerais destacam-se aquelas levadas a efeito por Erichsen & Bastos (1927), Barbosa (1934), Lamego (1936), Leonardos & Oliveira (1943), Guimarães (1951) e Barbosa (1954), sendo que nessa fase dos conhecimentos aceitava-se uma divisão para o pré-cambriano do Sul de Minas que diferenciava um complexo arqueano (gnaisses, anfibolitos, granitos, micaxistos e migmatitos) e outro algonquiano (filitos, quartzitos, mármore e itabiritos) (ALMEIDA, 1992).

O complexo algonquiano foi dividido em Série Minas, termo proposto por Derby em 1906, e Série Itacolomi, segundo proposição feita por Barbosa em 1934, sendo que o primeiro conjunto englobava os filitos e o segundo os quartzitos. O segundo autor mencionado, no ano de 1954, criou a Série Barbacena, que reunia os anfibolitos, micaxistos e parte dos gnaisses arqueanos e dos filitos algonquianos, ressaltando a ocorrência dos quartzitos na base da Série Minas, que ainda congrega, nesta proposição, outra parte dos filitos (ALMEIDA, 1992).

Para a Série Itacolomi de Barbosa, o Projeto Radambrasil (1983) conferiu categoria de grupo, a fim de fazer referência aos metassedimentos (quartzitos com níveis hematíticos, conglomerados e filitos) que aparecem no Quadrilátero Ferrífero, nas proximidades de Ouro Preto e Mariana (Pico do Itacolomi), dispendo-se sobrejacentes às rochas do Supergrupo Minas.

No que toca especialmente à área de estudo, tomam vulto os estudos efetuados por Heinz Ebert. Almeida (1992) lembra que foi através de exaustivos trabalhos de campo aliados a levantamentos fotogeológicos e aerogeofísicos, além de etapas desenvolvidas em laboratório, que o autor separou da Série Barbacena os filitos e calcários dispostos em

discordância sobre as rochas do grupo, atribuindo a elas idade proterozóica. Subdividiu o pré-cambriano do Sul de Minas em um complexo arqueano (Formação Lafaiete, sequência granítico-migmatítica, Série Barbacena e Série Mantiqueira) e outro algonquiano (grupos São João Del Rey, Andrelândia e Paraíba).

Ebert (1968) agrupou a chamada Série Andrelândia, de maior interesse para a presente pesquisa, em quatro tipos litológicos: (a) micaxistos claros com muscovita e granada; (b) micaxistos escuros com biotita e plagioclásio e granada; (c) quartzitos puros e micáceos; (d) arcósios listrados, estes de ocorrência rara e encontrados na base dos quartzitos.

Artur (1980) destaca que H. Ebert dividiu a zona dos cinturões orogênicos pré-cambrianos em dois ramos distintos: um deles sofrendo bifurcação na direção NW e um outro de orientação geral SW-NE, denominando-os, respectivamente, de Araxáides e Paraíbides, ambos separados pelo Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio, de caráter dúctil e sinistral.

Para encerrar o reconhecimento prestado à fundamental contribuição de Heinz Ebert acerca do conhecimento geológico do Sul de Minas, vale notificar que o autor percebeu um caráter de falha de empurrão para a área de estudo, o que, segundo ele, sobrepôs algumas formações rochosas. Também notou que o limite Norte da linha de cristas quartzíticas, na Serra de Carrancas, nitidamente uma linha de falha de empurrão, se liga à escarpa da Série Andrelândia.

Estudos substanciais na área foram empreendidos por Trouw *et al.* (1980) e Trouw (1983; 1985), que resultaram na congregação de parte dos metassedimentos discutidos no que foi denominado Grupo Carrancas. Segundo o Projeto Radambrasil (1983), o referido grupo é representado, da base para o topo, pela Formação Rio Elvas (biotita xistos com pequenas quantidades de granada e muscovita e raras lentes de mármore), Formação Campestre (quartzitos intercalados com filitos ou xistos com constituição mineralógica variando de acordo com o grau de metamorfismo) e Formação São Thomé das Letras (quartzitos micáceos esbranquiçados a esverdeados de granulação areia-fina a média).

Segundo pesquisa do Projeto RADAMBRASIL (1983) a Formação São Thomé das Letras tem cerca de 50 metros de espessura, dividindo-se num ramo Sul, de direção NE-SW que se prolonga até o município de Lambari em duas faixas paralelas cujos mergulhos variam de 20 graus até quase a horizontalidade, e em outro ramo de direção E-W, que passa ao norte de Carmo da Cachoeira e é cortado pela Rodovia São Paulo-Belo Horizonte.

Trouw (1983) propõe ainda a divisão do grupo em três faixas distintas: faixa de Luminárias, faixa de Carrancas (subdividida em Formação São Tomé das Letras e Formação Campestre) e faixa da baixada, entre Itutinga e Carrancas.

Foi o próprio Trouw que, com o avanço dos estudos, abandonou o termo Grupo Carrancas, reconhecendo que os filitos fazem a ligação física entre a fácies São João Del Rey e a fácies Luminárias, agrupando esse conjunto litológico no Grupo São João Del Rey e reconhecendo a fácies Luminárias (TROUW *et al.*, 1984).

As pesquisas geológicas realizadas na área de estudo caminharam em direção a uma interpretação evolutiva segundo ciclos deposicionais (ANDREIS *et al.* 1989), (RIBEIRO, *et al.* 1990), (ALMEIDA, 1992), designados, do mais basal para o mais emergente, de ciclos Tiradentes, Lenheiro, Carandaí e Andrelândia, depositados em ambiente de margem continental passiva.

Ao último ciclo deposicional supracitado são atribuídos os metassedimentos da área de São Thomé das Letras. Ribeiro (1984) já havia correlacionado os então grupos Canastra, Carrancas e São João del Rei como seqüências sedimentares de mar raso, que caracterizam ambientes neríticos, enquanto gnaisses e xistos adequados ao Grupo Andrelândia foram interpretados como depósitos em porções mais distais. Na verdade, as rochas dos grupos até então designados de São João del Rei, Carrancas e Andrelândia possuem litologia semelhante e são cronocorrelatas, o que conduziu à unificação das duas últimas num mesmo ciclo deposicional.

A análise dos ciclos deposicionais supracitados serviu para o reconhecimento de três bacias deposicionais proterozóicas denominadas São João del Rei, Carandaí e Andrelândia, as duas primeiras intracrtônicas de idade mesoproterozóica e a última de margem passiva com idade neoproterozóica (RIBEIRO *et al.* 1993), (RIBEIRO *et al.* 1995). A Figura 4.1 faz por espacializar as bacias proterozóicas estudadas pelos autores.



Figura 4. 1. Embasamento: 1. Gnaisses de alto grau; 2. Faixas *greenstone* com intrusivas granitóides e gabróicas; 3. Xistos, quartzitos, itabiritos (Supergrupo Minas); 4. Corpos granitóides e remanescentes de faixas *greenstone*. Ciclos deposicionais Tiradentes e Lenheiro. 6. Ciclo Depositional Andréia: 7. Paragneisses, quartzitos, xistos e anfibolitos. 8. Quartzitos e xistos. 9. Biotita/xistos/gnaisses. 10. Associações de xistos, gnaisses, anfibolitos e rochas calcissilicatadas. 11. Rochas graníticas anatéticas. (Fonte: Ribeiro et al. 1995).

4.1.2. Geologia regional

As áreas cristalinas do Brasil de Sudeste são dotadas de significativa diversidade lito-estrutural.

O setor que integra a presente pesquisa pertence ao conjunto do cinturão de cisalhamento transcorrente Ouro Fino, que congrega importantes sistemas de falhas de expressão regional, como as falhas de Jacutinga, Ouro Fino, Monte Sião, entre outras.

Conforme Saadi (1990), o Cinturão de Cisalhamento Ouro Fino é composto por várias falhas transcorrentes e inversas com reativações recentes envolvendo ação hidrotermal das falhas de Lambari, Borda da Mata, Varginha, etc. O autor, já citado, prossegue esclarecendo que o arcabouço estrutural regional pode ser resumido ao contato entre duas zonas rúpteis resultando da ação da reativação de zonas de fraqueza em dois cinturões de dobramentos pré-cambrianos: Faixa Tocantins, de direção SE-NW, e Faixa Mantiqueira, de direção NSW-ENE. Os limites meridionais da primeira e setentrionais da segunda são dados, respectivamente, pelas zonas de cisalhamento Campo do Meio e Ouro Fino.

O Cinturão de Cisalhamento de Ouro fino é de natureza transcorrente de alto ângulo e caráter dúctil-rúptil e com expressivos movimentos verticais associados, situando-se subparalelamente às grandes estruturas da faixa costeira do Brasil Sudeste (linha de costa atual, sistema rift da Serra do Mar, outros cinturões de cisalhamento), estando ativo até o Cambro-Ordoviciano e rativados durante os eventos mesozóicos-cenozóicos associados a ruptura continental e abertura do Oceano Atlântico (MELO *et al.*, 1993).

Os metassedimentos do Grupo Andrelândia que ocorrem no município de São Thomé das Letras são reconhecidos a oeste dentro dos limites de Três Corações, se prolongando para sudoeste em direção a Lambari, por onde seguem balizando imponentes cristas quartzíticas, porém um pouco mais rebaixadas que as serras de São Tomé, Cantagalo e Sobradinho, em São Thomé das Letras. Reaparecem a leste em extensa área de ocorrência, estabelecendo contatos em escala regional com as rochas do complexo Amparo, Paraíba do Sul e Barbacena.

As cristas quartzíticas que cortam São Thomé das Letras no sentido NE-SW estendem-se até o município de Lambari, onde encontram seu limite meridional. Tais estruturas também aparecem a norte da área de estudo, na região de Carrancas-Minduri, em expressivas falhas no formato da letra “Z” que estruturam relevo de destaque no contexto regional.

Paralelas às cristas quartzíticas em consideração, a oeste, estende-se a Descontinuidade Crustal do Alto Rio Grande (DCARG), que, segundo Saadi (1993) obedece a um direcionamento no sentido N60E, perfazendo uma extensão da ordem de 250 km entre os municípios de Ouro Fino (MG) e Carandaí (MG), apresentando indícios de reativação dessas estruturas pré-cambrianas, a exemplo dos diques de diabásio mesozóicos que atravessam a cidade de São João Del Rey em direção NNW. A Descontinuidade Crustal do Alto Rio Grande marca a borda meridional do Cráton do São Francisco.

A área de estudo se encontra, em vista do exposto, dentro da Província Mantiqueira, situada bem próxima do cráton sanfranciscano e da Província Tocantins, inserindo-se num contexto regional que congrega três importantes províncias geológicas cujo contato estabelece um umbigo na Terra de Gondwana. Segundo Heilbron *et al.* (2004), a Província Mantiqueira constitui um sistema orogênico neoproterozóico situado no sul e sudeste do Brasil, englobando os orógenos Araçuaí, Ribeira, Brasília meridional, Dom Feliciano e São Gabriel, que se distribuem da Bahia ao Rio Grande do Sul, e tendo se desenvolvido durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileiro – Pan Africana, que resultou na justaposição do Paleocontinente Gondwana Ocidental.

A Figura 4.2 apresenta a área no contexto geológico regional.

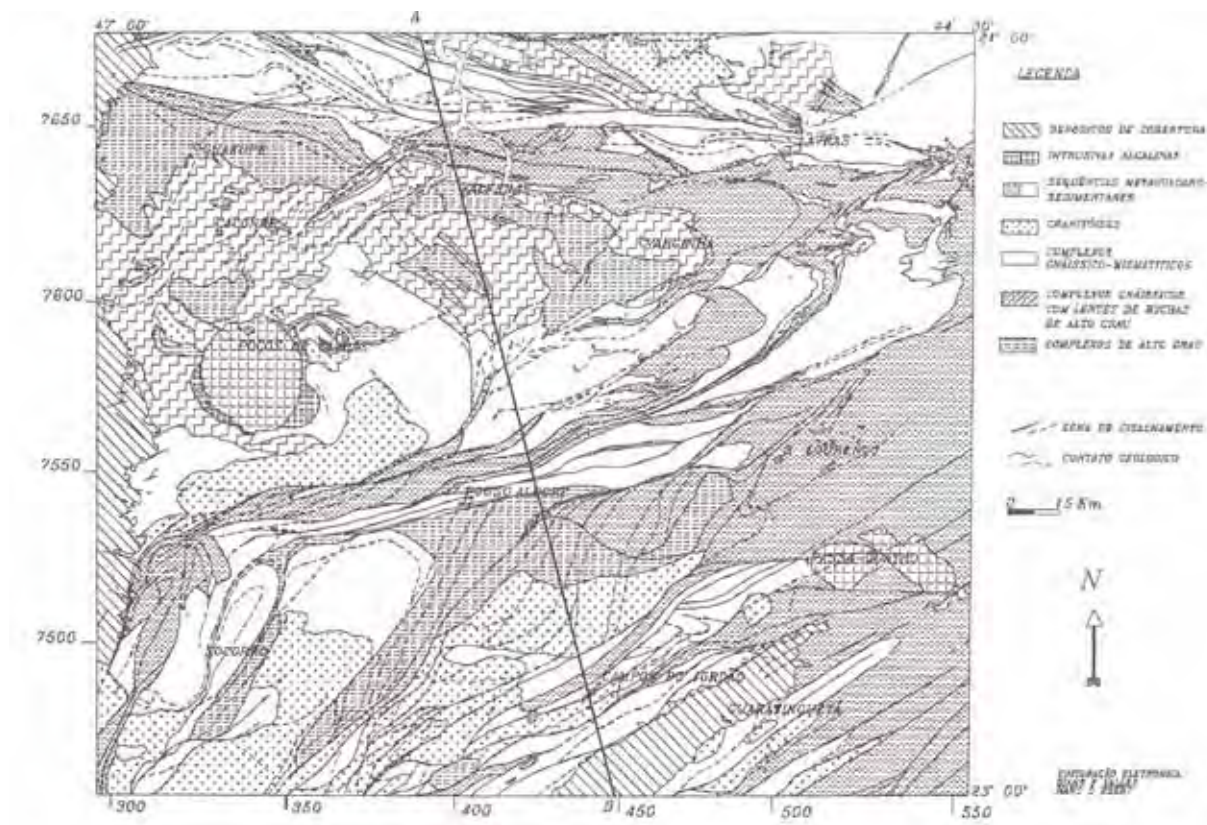


Figura 4.2. A área de estudo em seu contexto geológico regional (MALAGUTTI FILHO et al. 1996).

4.1.3. O contexto geológico local

O município de São Thomé das Letras está contido no setor central da Província Mantiqueira, nos limites com a Província Tocantins e com o cráton do São Francisco, conforme foi explicado (Figura 4.3).

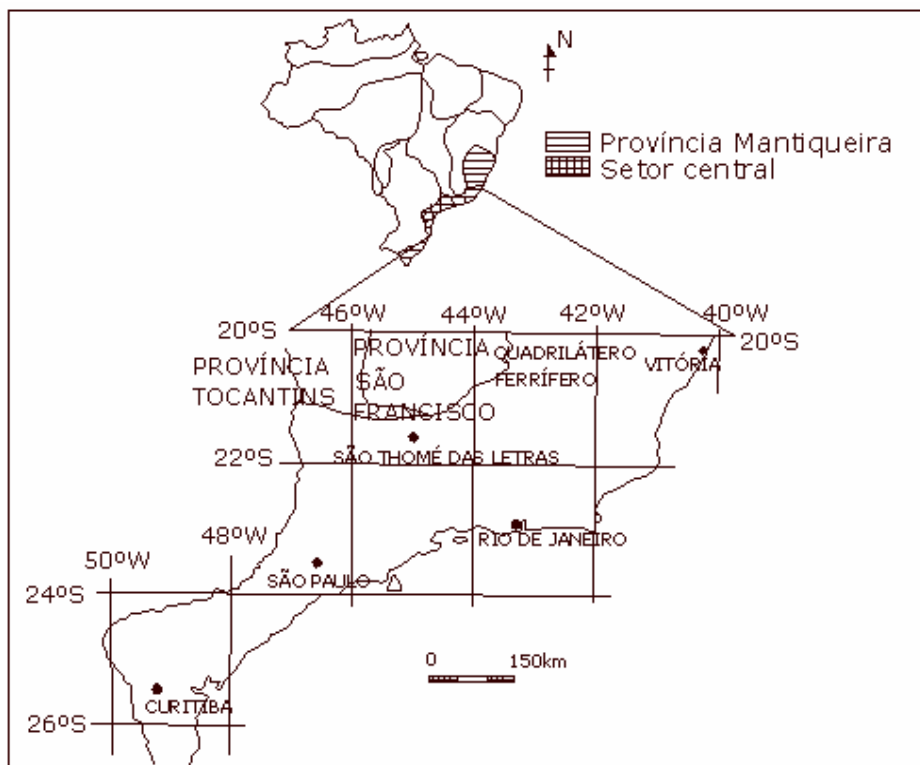


Figura 4.3. Posição da área de estudo na Província Mantiqueira (adaptado de Almeida & Oliveira, 1984).

O afloramento das rochas quartzíticas do Grupo Andrelândia é bastante visível em grandes extensões do município de São Thomé das Letras, onde balizam expressivas cristas monoclinais (Foto 4.1).

Fernandes 2002 constatou que estes quartzitos, intensamente explorados com vistas na construção civil de cunho ornamental (piscinas, revestimento de fachadas, etc.) se distribuem em três variedades – branco, amarelo e róseo – com características petrográficas semelhantes: coloração clara, estrutura foliada/laminada bem marcada, paralela a subparalela a uma possível estrutura primária sedimentar (So), com alternância de níveis quartzosos e níveis micáceos cujas espessuras variam de milímetros a centímetros, sendo tais níveis afetados por dobras isoclinais apertadas recumbentes. A

autora prossegue salientando que a variação na coloração ocorre em função da alteração de minerais opacos, como o rutilo, a magnetita e a ilmenita, e da presença de um padrão de foliação que permite a percolação de fluidos e a conseqüente alteração dos níveis micáceos.

Os quartzitos de São Thomé das Letras são alóctones e dispõem-se sobrejacentes a uma associação de quartzitos e paragneisses intercalados, e são representativos do estabelecimento de um mar raso em vastas plataformas do tipo rampa (RIBEIRO et al. 1995).

Ramos & Barbosa (1968) reconheceram para os quartzitos de São Thomé das Letras granulação fina, caráter equigranular, granoblástica, apresentando, por vezes, o quartzo fraturado e acessorizado por sericita, óxidos de ferro e turmalina.

Ebert (1955) notou que os quartzitos afloram ao longo da Serra de São Tomé, no município de São Thomé das Letras, a partir do Morro do Gavião, cerca de 20 km ao Sul de Luminárias, dispondo-se até WSW de Lambari, onde perdem a espessura e aumentam seu ângulo de mergulho. Essa continuidade ininterrupta da camada quartzítica de Luminárias a Lambari levou o autor a admitir, a princípio, uma modificação abrupta de litofácies. Foi encontrada, entretanto, uma zona de transição de litofácies entre Nepomuceno-São Bento Abade-São Thomé das Letras-Cruzília, onde passam a diminuir os filitos e aumentar a porcentagem de grauvacas e arcósios finos, denunciando assim dois tipos de sedimentação primária. Reconheceu também o autor que a outra fácies é mais rica em feldspato, com solos mais férteis originados a partir da decomposição das rochas fortemente recristalizadas da Formação Lambari.

A intercalação dos quartzitos com as micas possibilitou formação de níveis xistosos onde a meteorização química é mais eficiente, conforme se verifica a leste da serra de São Thomé.

Pelo outro lado, a oeste da serra de São Thomé, uma falha bem marcada estabelece contato litológico com paragneisses designados pelo Projeto Radambrasil (1983) de Gnaiss Piedade, reconhecendo para este pacote litológico uma distribuição regional da ordem de 60 km de largura média e aproximadamente 300 km de extensão, formando um arco com a concavidade voltada para o Cráton do São Francisco. Ribeiro (1984) reconhece o Gnaiss Piedade como embasamento do Grupo Andrelândia, considerando a deformação que gerou aquele conjunto como posterior a Deposição do Supergrupo Rio das Velhas.

Os gnaisses se sobrepõem estruturalmente aos quartzitos no reverso da serra de São Thomé, tendo sido retirado pelos agentes erosivos na maior parte de sua extensão. Em alguns setores ainda se encontram sobrepostos, propiciando o desenvolvimento de um maior volume pedológico e interrompendo a extração.

Na zona de contato entre os quartzitos e os gnaisses foi aferida a presença de veios hidrotermais de quartzo preenchendo as falhas e fraturas na zona ruptura litológica entre ambas as unidades.

Algumas diferenciações mineralógicas foram constatadas entre os quartzitos da Serra de São Tomé e aquele que aflora na Serra do Cantagalo. Concordando com a assertiva de Tricart (1982) de que a litologia é homogênea apenas quando olhada por um míope a distância, verifica-se, para a Serra de São Thomé, a ocorrência de um quartzito com elevado grau de pureza, ao passo que na Serra do Cantagalo, conforme registrado no Projeto Radambrasil (1983), observa-se o aparecimento de uma série de minerais acessórios, notadamente granada, estaurolita e cianita, em geral milimétricas, com presença de grafitas em função do aumento no grau de metamorfismo.

Trouw *et al.* (1984) propuseram uma coluna tectono-estratigráfica para a área de São Thomé das Letras, da maneira que é apresentada na Figura 4.4. A Figura 4.5, por seu turno, exhibe um perfil geológico do município traçado em sentido E-W.



Foto 4.1. Quartzitos micáceos do Grupo Andrelândia aflorando no front de crista monoclinal.

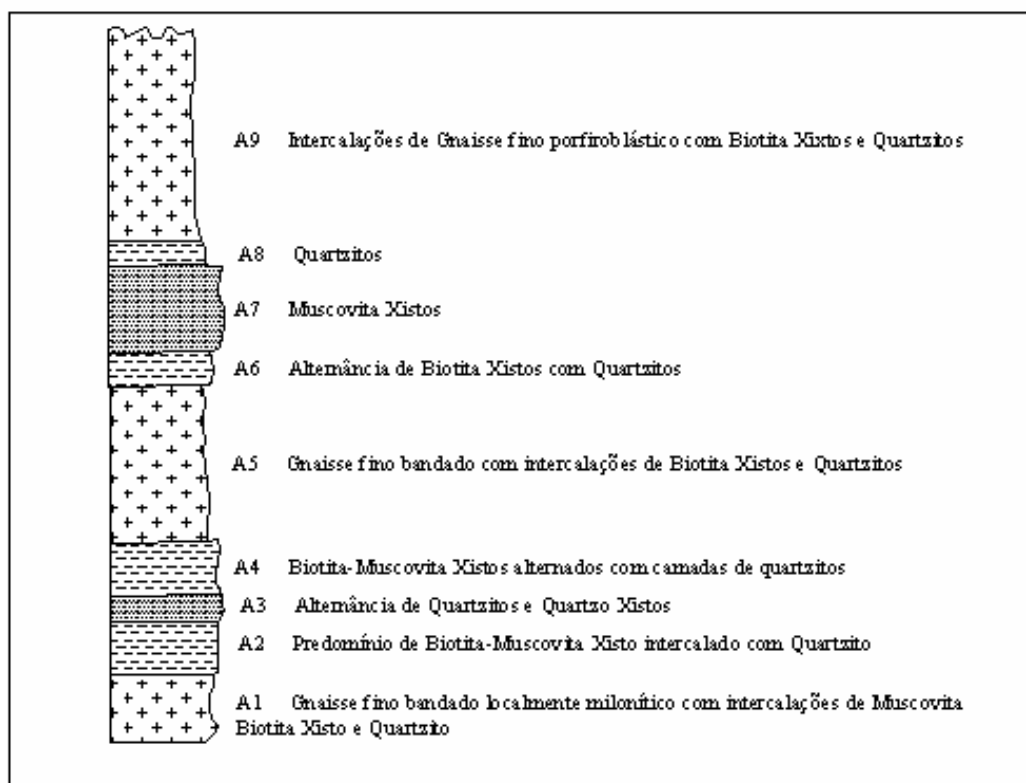


Figura 4.4. Coluna tectono-estratigráfica da área de São Thomé das Letras (MG) (TROUW, 1984).

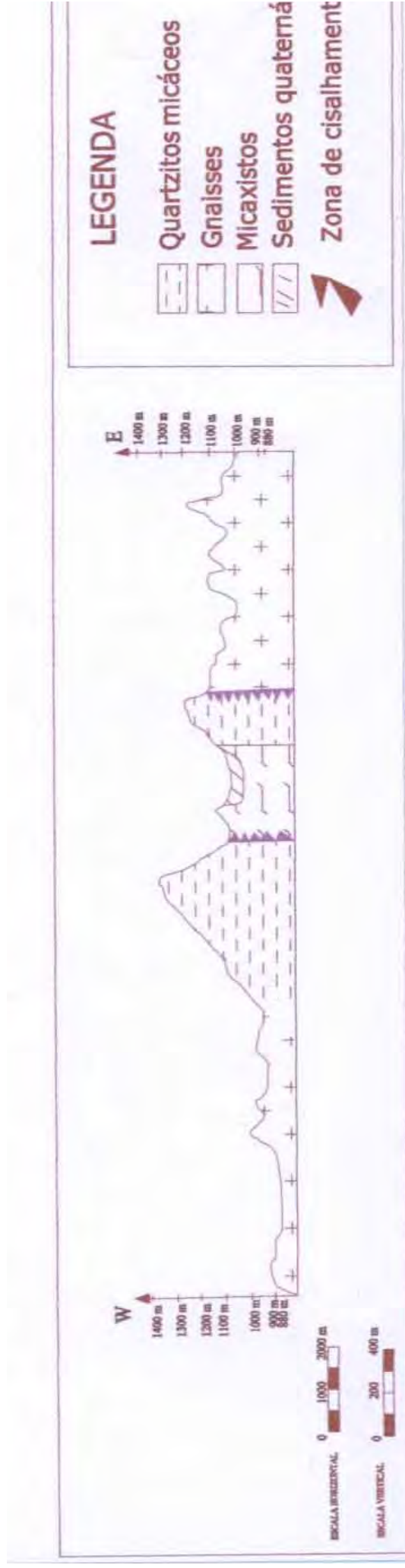


Figura 4.5. Perfil geológico do município de São Thomé das Letras (MG).

4.2. Geomorfologia

4.2.1. Contextualização megageomorfológica

O estudo das paisagens através da abordagem sistêmica deve considerar, dentro de seu escopo, elementos e fenômenos processados em diferentes ordens de grandeza espacial a fim de melhor entender a área de interesse específico dentro de um nível mais abrangente de discernimento dos fatos geográficos. Ab'Sáber (1998) defende que os estudos pautados na megageomorfologia constituem oportunidade efetiva para o exercício da transdisciplinaridade, através da integração de conhecimentos de ordem macrorregional, regional e sub-regional. Prosseguem, sobre isso, as seguintes considerações:

“Trata-se de sintetizar, seletiva e hierarquicamente, os fatos essenciais da geomorfologia de grandes extensões territoriais, com ênfase em áreas de diferentes ordens de grandeza espacial. No entanto, como a geomorfologia de um país, por menor que ele seja, depende de vastos envoltórios, é possível realizar estudos megageomorfológicos centrados em espaços territoriais aparentemente de pequena extensão”. (AB’SÁBER, 1987, p. 71).

Ainda versando sobre o tema, Ab'Sáber (1998, p. 72) prossegue apresentando o seguinte esclarecimento:

“a megageomorfologia não se prende, apenas, em considerações de ordem tectônica, estrutural ou morfoclimática. Ela envolve a integração de estudos de história geomorfológica, tendo por base o conhecimento da posição e significado das superfícies aplainadas – de cimeira, interplanálticas e intermontanas – pediplanos, ectaplanos, terraços escalonados, e o posicionamento e a gênese de diferentes gerações de “pães-de-açúcar” e inselbergs, além dos depósitos correlativos de distribuição ampla ou localizada”.

O Projeto Radambrasil (1983) enquadra a área de estudo no domínio remanescente de cadeias dobradas, área caracterizada por relevo movimentado consideravelmente dissecado e por uma litologia composta predominantemente por granitos-xistos, gnaisses e quartzitos, sendo que o embasamento remonta aos eventos arqueanos pré-Jequié, sofrendo retrabalhamento durante os ciclos Uruaçuano e Brasileiro, no proterozóico. Integra conjuntos de modelados resultantes da exumação de estruturas dobradas ao longo de ciclos geotectônicos pré-cambrianos.

Ainda em concordância com o Projeto Radambrasil (1983), o referido domínio é composto por três blocos de relevos planálticos que correspondem a três regiões

geomorfológicas, cada uma delas subdivididas em unidades diferenciadas: os planaltos da Canastra, o Planalto do Alto Rio Grande e o Quadrilátero Ferrífero.

De maior interesse para a presente pesquisa é o Planalto do Alto Rio Grande, onde se localiza a área de estudo. Segundo o IBGE (1944), essa unidade geomorfológica se projeta para Norte em direção às cabeceiras do Rio São Francisco, na Serra da Canastra, e para oeste, onde é recoberta pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Configura uma sucessão de morros e garupas alçadas a altitudes médias que variam entre 1000 e 1100 metros, cuja continuidade é interrompida por uma série de cristas semelhantes ao relevo do tipo *apalacheano* que se sobressaem a 1600 metros.

Tomando por base a classificação do Projeto Radambrasil (1983) a região dos planaltos do alto rio Grande é dividida em duas unidades, a saber: Unidade Depressão do Sapucaí e Unidade Planalto de Andrelândia.

O município de São Thomé das Letras está inteiramente contido na Unidade Planalto de Andrelândia, que, segundo o Projeto Radambrasil (1983), possui uma área aproximada de 14.449 km², com relevo de morros e colinas com topos convexos a tabulares e encostas convexas (Foto 4.2), conjunto este intercalado com cristas alongadas geralmente assimétricas (Foto 4.3). O padrão de drenagem predominante é do tipo dendrítico, de caráter homogêneo e densidade de drenagem predominantemente média a grosseira, com incisão variando entre 38 e 82 metros.

Do ponto de vista dos domínios morfo-climato-botânicos, a área de estudo em seu contexto regional tem correspondência com o domínio de “mares de morros” florestados, em consonância com a proposição de Ab’Sáber (1965). Em oportuno esclarecimento, o autor coloca que:

“Setores de relevo mamelonizado, recobertos pela mata atlântica, aparecem desde a zona da mata nordestina até as regiões cristalinas granítico-gnáissicas, mais costeiras, de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Entretanto, enquanto tais áreas de topografias mamelonares situam-se apenas em regiões litorâneas ou sublitorâneas dotadas de rochas cristalinas (em níveis altimétricos inferiores a 300 metros no nordeste, e abaixo de 150 metros no Rio Grande do Sul), a mamelonização no Brasil Sudeste se inicia à altura das colinas cristalinas da baixada da Guanabara, a poucos metros de altitude, para alcançar, depois, níveis de 1100-1200 metros, a algumas centenas de quilômetros para o interior, em pleno Sul de Minas Gerais, nordeste de São Paulo e porção ocidental do Espírito Santo” (AB’SÁBER, 1965, p. 02).

Reconhecemos, entretanto, bastante plausível considerar a área de estudo numa situação de borda do domínio dos mares de morro adentrando para um corredor de transição.

A oeste das cristas quartzíticas que cortam o município de São Thomé das Letras a mata latifoliada semidecídua deixa de manter predominância absoluta na composição da paisagem para dividir o espaço com vegetação de cerrado, a exemplo de uma considerável mancha de cerradão em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico localizada entre o município estudado e Três Corações. Tal fisionomia se impõe gradativamente até tomar grande tipicidade na região dos planaltos da Canastra. Do mesmo modo, o topo dos morros e colinas, paulatinamente, tomam aspecto mais aplainado, perdendo os traços de mamelonização típica.



Foto 4.2. Relevo amorreado do Planalto de Andrelândia, município de Andrelândia (MG) (2005).



Foto 4.3. Relevo em cristas alongadas no Planalto de Andrelândia, município de Conceição do Rio Verde (MG) (2005).

4.2.2. O contexto geomorfológico local

O relevo do município de São Thomé das Letras se padroniza, em seus traços mais gerais, por conjuntos de morros e morrotes de vertentes convexas a retilíneas e topos convexos a aplainados (Foto 4.4). As altitudes médias decrescem próximas a 900 metros no sentido oeste, na direção da depressão do rio Verde, onde o relevo é marcado por um padrão no qual os topos são mais extensos e arrasados.

O padrão de formas de relevo arrolado é cortado por duas faixas de cristas monoclinais de estrutura quartzítica e orientação geral NE-SW, cujas altitudes ultrapassam a ordem dos 1400 metros (Foto 4.5). Testemunhando a existência da Superfície Sul-Americana em suas cumeadas, tais cristas, dispostas em duas faixas paralelas, orientam vertentes íngremes para a direção leste, no sentido oposto ao mergulho das camadas, e um reverso suavemente inclinado rumo oeste, coincidente ao mergulho das camadas metassedimentares.

Tal quadro geomorfológico é similar ao descrito por Leme para o planalto sul-mineiro, onde notou um planalto de morros arredondados com altitudes médias em torno de 1000 metros, interceptados por “afloramentos verticais de quartzitos duros, intercalados nos gneiss, que determinam, por sua resistência à erosão, as cadeias montanhosas” (LEME, 1943, p. 686).

As cristas quartzíticas são separadas por terraços pedimentares que constituem sítios de acumulação de materiais provenientes do desgaste das vertentes adjacentes (Foto 4.6).

O padrão predominante de drenagem é o dendrítico, subsidiado por drenagem em padrão paralelo a subparalelo que diseca os flancos das faixas serranas. Parte expressiva da drenagem encontra-se adaptada às falhas, onde se desenvolve tipicidade semelhante ao padrão em treliça de falha. Importantes canais superimpostos partilham da evolução do relevo local, a ser discutida em maiores pormenores posteriormente.



Foto 4.4. Conjunto de morros padronizando o relevo local (2003).



Foto 4.5. Crista monoclinal em São Thomé das Letras (Serra do Cantagalo) (2004).

4.3. Pedologia

De acordo com o Projeto Radambrasil (1983), o Planalto de Andrelândia, nas proximidades da alta bacia do rio Grande, apresenta cobertura pedológica formada por Cambissolos álicos, Latossolo Vermelho Escuro distrófico e Glei Húmico distrófico, este último designado por Gleissolo melânico segundo o novo sistema de classificação da EMBRAPA (1999).

As rochas de origem dos solos supracitados correspondem aos gnaisses-granitos do Complexo Amparo e, em especial para a área de estudo, aos metassedimentos do Grupo Andrelândia.

Em alguns setores das serras quartzíticas não se verifica nenhum volume pedológico, com presença de afloramentos rochosos contínuos em setores mais íngremes, cujas declividades ultrapassam a ordem de 40%. Nos declives mais suavizados destes compartimentos se desenvolve o Neossolo Litólico.

Nos setores de relevo amareado os solos litólicos também aparecem em seções de vertentes íngremes, com ocorrência de cambissolos a meia encosta e em vertentes curtas.

Em alguns setores de declividades mais suaves, notadamente nos terraços, ocorrem argissolos que, em alguns pontos, estão visivelmente desgastados pelo uso agrícola do solo, o que é traduzido por processos erosivos laminares e algumas manifestações de erosão concentrada em franca evolução para voçorocas.

A pedogênese latossólica também é verificada nas áreas mais aplainadas, onde o relevo é mais suavizado. Segundo Palmieri & Larach (1995), os latossolos apresentam teores de sesquióxidos de ferro entre 11 e 18%, sendo constituídos por caolinita, gibsitita e hematita em sua fração argila, distribuindo-se, de maneira extensiva pelas coberturas metassedimentares associadas às faixas de dobramentos dos planaltos Central, da Canastra e do Alto Rio Grande.

No setor oeste do município, onde os latossolos se desenvolvem de maneira mais competente, são verificadas associações entre Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico em perfis que ultrapassam 2 metros.

Os solos hidromórficos (gleissolos indiferenciados) e solos aluviais aparecem em planícies de inundação mais desenvolvidas, como a do rio Caí.

4.4. Vegetação

O mosaico florístico predominante no Planalto do Alto Rio Grande é a mata latifoliada semidecídua, vegetação típica em áreas submetidas ao clima tropical de altitude e de ocorrência bastante comum nas terras altas do Brasil de Sudeste. Também ocorrem formações abertas representadas pelo cerrado em diversas fitofisionomias, conforme os condicionantes edáficos e litológicos.

Segundo levantamento do Projeto Radambrasil (1983), o Planalto de Andrelândia é fitoecologicamente caracterizado pela ocorrência de vegetação classificada, no escopo de seu inventário, de savana gramíneo-lenhosa e de savana parque, a primeira ocorrendo nos terrenos litólicos metassedimentares e a segunda sobre os quartzitos, onde dominam as gramíneas hemicriptófitas, muitas caméfitas lenhosas da família *Melastomataceae*, *Compositae* e *Myrtaceae*, além de algumas geófitas rizomatosas das famílias *Cyperaceae*, *Graminae*, *Liliaceae*, além de microfanerófitas que atingem, às vezes, o porte de nanofanerófitas (árvores raquíticas e arvoretas) das famílias *Malpigiaceae* (murici), *Leguminosae* (faveiro), e outras espécies de menor expressão fitoecológica.

O Projeto Radambrasil (1983) também anotou a existência de uma larga floresta aluvial ao longo do rio Grande, atualmente reduzida à manchas que abrigam, entre outras espécies, a peroba (*Aspidosperma sp*), o cedro (*Cedrela sp*), o jequitibá-rosa (*Cariniana sp*) e o angico (*Paraptitadenia sp*), com sub-bosque composto por representantes das famílias *Rubiaceae*, *Myrtaceae* e *Piperaceae*.

As savanas apontadas pelo Projeto Radambrasil (1983) ocorrem nas cristas quartzíticas que cortam o município de São Thomé das Letras. Nos setores litólicos, onde não se desenvolve nenhuma cobertura pedológica, a referida vegetação se apresenta na fisionomia de um cerrado extremamente adaptado às condições rupestres (Fotos 4.6 e 4.7). As pequenas e esparsas árvores, entre as quais se destacam a candeia e o pau d'óleo, incidem seu sistema radicular pelas diáclases e fraturas por onde a água penetra, possibilitando, nestes microambientes, a catalização dos processos pedogenéticos. A fisionomia em questão também é formada por vegetação arbustiva e subarbustiva com cactáceas, e herbácea, onde se sobressaem tufo de gramíneas. Consideramos o porte arbustivo e subarbustivo conforme Pereira (1984), onde o primeiro não ultrapassa 5 metros de altura e o segundo a ordem de 1 metro, tomando por base que os arbustos são plantas lenhosas, de tamanho inferior ao das árvores, e que se ramificam desde a base: o tronco, na maior parte dos casos, pouco se destaca

dos ramos laterais, sendo que alguns deles se assemelham a pequenas árvores, enquanto outros se ramificam em profusão desde o solo, podendo ou não formar touceiras ou moitas.

Uma particularidade da flora local é a presença da espécie de flor *Anemia elegans*, que, segundo Rizzini (1979) é endêmica de São Thomé das Letras e do Pico do Itacolomi (MG) e dos terrenos areníticos de Vila Velha (PR).

Algumas manchas de mata latifoliada semidecídua se revezam com resquícios de cerrado e campos naturais ao longo dos morros e colinas que padronizam a paisagem de parte considerável do município. A ocorrência de vegetação florestal tem maior continuidade nos setores mais íngremes das vertentes orientadas para leste das serras de São Thomé e do Cantagalo, mais servidas pela unidade e pela insolação (Foto 4.8). Esta vegetação apresenta aspecto retorcido no sopé das escarpas, área de depósito de tálus, tomando aspecto típico de floresta à medida que se adentra em terrenos de solos mais desenvolvidos, o que é verificado através da maior altura das árvores e do aspecto alongado e retilíneo dos troncos e galhos, com maior abertura das copas. Nos referidos setores o engalhamento no nível das copas é bastante denso e a cobertura do espaço aéreo é notavelmente significativa, fazendo com que, em alguns pontos, o tamponamento da radiação solar seja quase absoluto.

A leste da serra de São Thomé, o predomínio da mata latifoliada semidecídua com araucárias (*Araucaria angustifolia*) é indiscutível (Foto 4.9). No entanto, a oeste da serra de São Thomé, o cerrado passa a ocorrer com maior frequência, mostrando o papel das cristas quartzíticas na distribuição da vegetação nesses setores do Sul de Minas, concentrando a umidade proveniente da massa tropical atlântica em sua porção frontal, onde a floresta medra em caráter contínuo.

Além deste importante fator topográfico, alguns condicionantes edáficos também mostram sua influência na distribuição da vegetação. Tal fato é bastante típico nas áreas de transição entre diferentes domínios, onde se misturam, de acordo com Ab'Sáber (2003), mosaicos complexos de dois ou três domínios. Exemplo notável de tal fato se traduz por uma mancha de cerradão que habita uma área de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico entre São Thomé das Letras em sua extremidade oeste e Três Corações, da maneira que foi citado anteriormente. Conforme coloca Oliveira Filho & Ratter (2001), a vegetação transicional entre as florestas decíduas e semidecíduas (mesofíticas) e o cerrado se manifesta nos cerradões mesotróficos, que costumam ocorrer em solos de fertilidade intermediária.

A Figura 4.5, que exhibe um transecto que une duas extremidades do município de São Thomé das Letras, no sentido leste-oeste, ilustra a distribuição espacial da vegetação de acordo com os condicionantes morfopedológicos.



Foto 4.6. Vegetação de cerrado adaptado ao ambiente litólico das serras quartzíticas.



Foto 4.7. Aspecto da fisionomia em campo rupestre que ocorre em São Thomé das Letras (2006).



Foto 4.8. Mata latifoliada semidecídua distribuída de maneira contínua nas vertentes da Serra de São Thomé orientadas para leste (2004).



Foto 4.9. Ocorrência marcante de araucárias (*Araucaria angustifolia*) na área de estudo (2005).

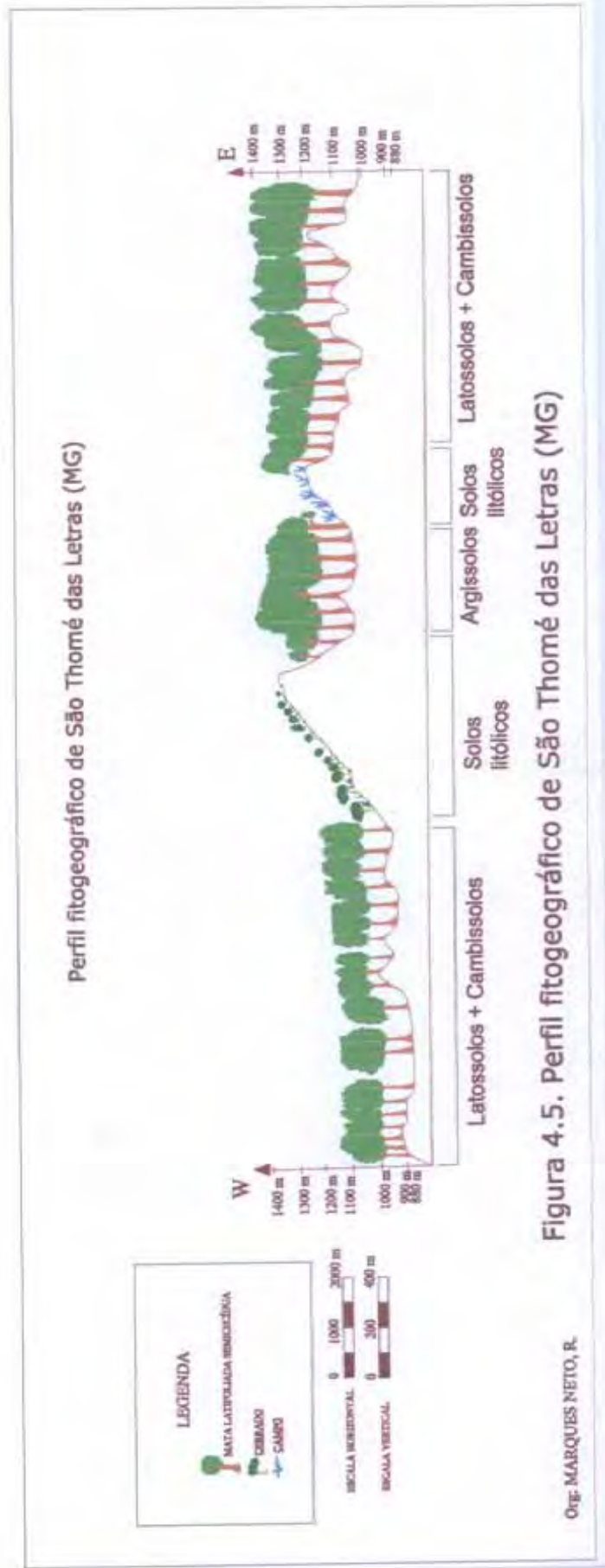


Figura 4.5. Perfil fitogeográfico de São Thomé das Letras (MG).

4.5. Clima

O clima vigente na área é o tropical de altitude (Cwb segundo a classificação de Köppen). Este tipo climático toma forma nos setores mais elevados do Brasil Sudeste, onde o efeito da altitude é responsável por uma moderação das temperaturas das latitudes tropicais. É caracterizado por um verão úmido e moderadamente quente e por um inverno relativamente frio e seco, apresentando temperaturas mais amenas em relação ao clima tropical típico do Brasil Sudeste.

Nos climas tropicais, entre eles o clima tropical de altitude, a estação quente está ligada à atuação da massa tropical atlântica, com influência da frente polar que age com maior vigor no inverno. Abreu (1998) argumenta que as frentes frias que atingem o sudeste do Brasil podem se associar às instabilidades tropicais, numa interação conhecida como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), provocando chuvas intensas no estado de Minas Gerais.

No Planalto Sul de Minas, conforme esclarece Nimmer (1989), os índices pluviométricos tendem a diminuir em relação a Serra da Mantiqueira por conta do efeito Föhn, que se dá nas vertentes a sotavento, onde o ar descendente se aquece segundo o gradiente adiabático de compressão, fenômeno oposto do que ocorre nas vertentes a barlavento do sistema Mantiqueira, onde o ar ascendente perde temperatura segundo o gradiente adiabático de expansão, num ritmo de 1°C a cada 100 metros de elevação.

Tal efeito acima descrito também pode ser verificado no município em consideração. As serras locais recebem de maneira mais efetiva as massas de ar em suas vertentes voltadas para o quadrante leste, áreas estas mais servidas pela umidade e que impõem efeitos orográficos locais. A turbulência do ar que se manifesta em decorrência da ascensão imposta pelo efeito orográfico tende a favorecer a precipitação, mais elevada nesses setores que, em consequência, são mais úmidos. Com isso, as massas de ar atingem o reverso das serras, orientado para o poente, com menor umidade, que fica retida na área frontal. A variação no relevo interfere na circulação diária dos ventos, impondo a ocorrência de ventos catabáticos nos setores montanhosos e de ventos anabáticos nos fundos de vale.

Nos vales rebaixados formam-se costumeiras neblinas ao amanhecer, que ficam alojadas nas calhas fluviais e pintam de branco, nas primeiras horas do dia, o eixo superficial dos principais cursos d'água, sublinhando a rede hidrográfica local.

Um projeto da FEAM (2002) para a área divulgou um balanço hídrico (Quadro 4.1) calculado pela Estação Meteorológica de Caxambu para o ano de 1989:

Quadro 4.1. Balanço Hídrico para São Thomé das Letras (1989).

Precipitação média anual (P) – 1403,7 mm
Evaporação potencial (EP) – 867 mm
Precipitação efetiva (PEF = P – EP) – 537 mm
Evaporação real (ER) – 824 mm
Excedente hídrico (EXC = P – ER) (novembro – março) – 580 mm
Déficit hídrico (DEF = ER – EP) (abril – setembro) – 43 mm

Fonte: Projeto FEAM (1989).

4.6. Aspectos humanos

O contingente populacional de São Thomé das Letras, conforme os dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no censo 2000, é de cerca de 6204 habitantes, sendo que 3289 são homens e 2915 mulheres. O censo demográfico efetuado em 1991 indicava um predomínio da população rural em relação à urbana numa ordem de 3671 contra 2029. Esse quadro se reverteu, sendo que, para 2000 a população urbana ultrapassa levemente a rural, com 3212 habitantes na cidade contra 2992 habitantes no campo.

A principal atividade econômica do município é a mineração, que emprega cerca de 70% da população economicamente ativa, aproximadamente, e responde por 50% do ICMS. Para 1998, o IBGE indicou 1.131 pessoas ocupadas.

Quanto à educação, o censo realizado no ano 2000 mostra um número de 4018 pessoas residentes alfabetizadas com dez anos ou mais de idade. Para este ano foram verificadas cerca de 1.469 matrículas no ensino fundamental e 223 matrículas no ensino médio. A taxa de alfabetização é de 82,4%.

A economia do município, quase toda atrelada à extração do quartzito, que relega a segundo plano outras atividades econômicas, como a agropecuária, que ocorre na forma de pastagem semi-extensiva e cultivo de café (principal produto) e milho, voltado para a comercialização e à manutenção do gado. A região apresenta uma série de fábricas de ração para gado à base de milho que dá conta do consumo desta planta, algumas delas localizadas no município de Três Corações, o qual polariza de maneira mais direta e intensa o município de São Thomé das Letras. A indústria é insignificante, restringindo-se a algumas empresas transformadoras do minério.

O turismo também configura importante fonte de renda. Incentiva o desenvolvimento do comércio na forma de restaurantes, lojas, bares, pousadas e hotéis de custos variados e outros serviços voltados ao atendimento do turista. Essa fonte alternativa de renda, entretanto, não é bem aproveitada. O que se observa é um turismo de caráter depredatório e sem qualquer controle de fluxos em alta temporada, o que, aliado à ausência de cobrança de taxas para a visita dos atrativos, repercute de maneira negativa no meio natural. Trata-se de uma situação na qual a visitação se concentra demasiadamente em determinados pontos turísticos do circuito, não havendo interesse em praticar visitação em outras áreas tampouco diversificar as modalidades de atividades turísticas. Em suma, a atividade turística local se acorrenta num modelo simplista que se restringe à exploração maciça e deliberada de atrativos consagrados e não se preocupa em aditivar positivamente a atividade econômica em discussão com a elaboração de novos roteiros e ordenação mais adequada do espaço turístico. A extração de quartzito também vem comprometendo um conjunto de atrativos que são insistentemente incluídos nos roteiros básicos e que, diante de um quadro acentuado de degradação, tiveram sua condição de recurso turístico seriamente comprometida.

A área urbana de São Thomé das Letras cresce desordenadamente na vertente oeste da Serra de São Thomé. Não é dissecada por nenhum canal fluvial perene e se organiza pela longa vertente tal como um tobogã, da maneira que se nota na Foto 4.10.

Problemas relacionados à expansão urbana, portanto, são patentes em São Thomé das Letras, conforme foi considerado por Marques Neto *et al.* (2005). Foi visto que a população vem aumentando na cidade, fenômeno este que se dá ao mesmo tempo em que as mineradoras atingem os limites da área urbana, que fica então cercada pelas imensas pilhas de estéril acumuladas e dispostas de maneira pouco adequada (Foto 4.11). A cidade, cercada pelos terrenos sob licença das mineradoras, limita seu espaço urbano com lavras abertas e pilhas de rejeito de minério, com exceção do setor leste, onde uma área de proteção inviabiliza a penetração das lavras.

Um reflexo imediato que é verificado diante desse processo no espaço intra-urbano é o processo de verticalização que a cidade enfrenta. É cada vez mais comum que, num mesmo terreno, sejam edificadas dois ou até três andares, uma vez que as possibilidades de expansão urbana praticamente atingiram seu limite, e, em consequência disso, nas áreas periféricas se amontoam habitações de mais baixo padrão, muitas delas em sobrados, que assinalam um processo de favelização atípico para cidades pequenas. O espaço urbano, sem possibilidades de expansão, enfrenta um inchamento, agravado pelos processos de migração, tanto do rural para o urbano como intra e interestadual. O aumento da população urbana se deu de maneira

mais frenética que o crescimento absoluto da população, o que indica uma forte migração interna no sentido campo-cidade, fenômeno que se deve em grande medida à presença das mineradoras que instigam a população a trocarem a vida no campo por novas oportunidades nas frentes de lavras abertas. A população rural diminuiu em termos absolutos e relativos, sendo que esse contingente ocupou, em sua maioria, as áreas periféricas, as menos organizadas do espaço intra-urbano. É verificado, dessa forma, um inchamento acompanhado de certa desordem nos arruamentos e disposição dos terrenos nos setores de expansão mais recente. Um crescimento mais planejado e organizado não pode ser concebido dentro da atual forma de exploração do território, que cercou a área urbana em todo o seu perímetro.

Os efeitos negativos da mineração vão além dos impactos no meio físico e de suas repercussões na organização do espaço urbano. Também interfere na qualidade de vida da população por meio de poluição visual, poluição sonora (decorrente das detonações diárias) e poluição atmosférica em função do transporte das areias quartzosas liberadas com a extração por via eólica, carregando, comumente, este nocivo material particulado para o ambiente citadino, que já registra casos de silicose decorrentes da costumeira inalação da sílica.



Foto 4.10. Vista parcial da área urbana de São Thomé das Letras (MG), com destaque para imensa pilha de estéril. (2007).



Foto 4.11. Pilha de estéril cercando a área urbana de São Thomé das Letras (MG).

CAPÍTULO 5

5. EVOLUÇÃO DA ÁREA NO PRÉ-CAMBRIANO

5.1. Aspectos da paleogeografia pré-cambriana

Os metassedimentos do Grupo Andrelândia, entre os quais se coletizam os quartzitos que estruturam as cristas de aspecto apalachiano de São Thomé das Letras, correspondem à Bacia Andrelândia, de idade proterozóica, segundo a interpretação de Paciullo *et al.* (1993). Este pacote metassedimentar pode atingir até 1.500 metros de espessura, apresentando uma sucessão de paragneisses com intercalações de anfibolitos nas partes basais, tidos como depósitos continentais relacionados com o estágio inicial de rifteamento, estando sobrepostos por uma sucessão de paragneisses e intercalações de quartzitos considerados como representantes de estágios e de parassequências retrogradacionais geradas por um retrabalhamento parcial dos depósitos sotopostos durante as oscilações eustáticas associadas a uma transgressão marinha rasa superficial, que grada para o topo para uma sucessão plataformar quartzítica (FERNANDES, 2003).

O ambiente deposicional de origem dos metassedimentos que balizam as cristas quartzíticas é de natureza costeira, e foram depositados, durante o Proterozóico, na margem passiva do paleocontinente São Francisco a partir do final dos eventos relacionados ao Ciclo Transamazônico. Segundo Almeida & Hasui (1984), com o término desse evento termotectônico, a cerca de 1.800 milhões de anos AP, deu-se a estabilização do cráton sanfranciscano.

O Projeto RADAMBRASIL (1983) reconhece que os depósitos em questão se deram a beira-mar em caráter transgressivo sobre o embasamento siálico.

Malagutti Filho *et al.* (1996) também reconhecem que o cinturão de supracrustais representado pelas unidades Andrelândia/São João Del Rey/Araxá constituem depósitos de bacia de margem passiva, sem descartarem a possibilidade de colagem de outros tipos de supracrustais.

Paciullo *et al.* (1993) também defendem os argumentos que indicam um ambiente deposicional em bacia de margem passiva, congregando o pacote metassedimentar no Ciclo Depositional Andrelândia, cujas seqüências foram desmembradas por falhas de empurrão em três domínios estruturais, um alóctone e dois autóctones. Os autores admitem progressivo

enriquecimento de arenitos quartzosos e pelitos de caráter transgressivo, por ocasião de breves invasões periódicas de mar raso concomitante ao retrabalhamento de fácies continentais preexistentes e aporte do embasamento.

As coberturas supracrustais das bordas do cráton do São Francisco sofreram dobramentos no neoproterozóico por conta de colisão com outro núcleo cratônico durante o processo de aglutinação do Gondwana, evento este relacionado ao Ciclo Brasileiro. Este setor de dobramentos antigos foi arrasado durante o Paleozóico, com reativação de antigas falhas no Mesozóico em face à retomada tectônica relacionada à abertura do Atlântico-Sul. O afloramento da Foto 5.1 revela intensas perturbações tectônicas que, nesse ponto, reempilhou o pacote sedimentar com acamamento horizontal plano-paralelo.

Em estudos pioneiros na área durante a década de 1950, Ebert considerou os grupos São João Del Rei, Andrelândia e Paraíba como cronocorrelatos e integrantes de um cinturão orogênico do Pré-Cambriano Superior, sendo que o Grupo Paraíba, de caráter catazonal, corresponderia aos internídeos do cinturão geossinclinal, ao passo que o Grupo Andrelândia corresponderia aos externídeos, ambos com vergência dirigida contra o cráton do São Francisco (ARTUR, 1980).

Ebert (1968) distinguiu dois ramos para o referido cinturão, um deles sofrendo bifurcação na direção NW e outro de orientação geral SW-NE, aos quais chamou, respectivamente, de Araxaídes e Paraíbides, separados pelo cinturão de cisalhamento Campo do Meio, de caráter dúctil e sinistral. Almeida *et al.* (*apud* Artur, 1980) fazem consideração de interesse sobre estes dois importantes contextos tectônicos do Brasil Sudeste:

“Um, passa a infletir para noroeste contornando o cráton, tendo sido denominado de Araxaídes, o qual, passando por Três Corações e Varginha, penetra no Estado de Goiás; o outro, constituindo os Paraíbides, penetra no Estado de São Paulo nas proximidades de Lindóia e Itapira, estendendo-se até os Estados do Paraná e Santa Catarina. Ambos os ramos exibiram zoneamentos com a ocorrência de três faixas distintas: uma central, que corresponderia aos internídeos, representados estratigraficamente pelos Grupos Paraíba e Juiz de Fora; uma faixa intermediária que corresponderia aos externídeos compreendendo estratigraficamente os Grupos Andrelândia (Paraíbides, MG), Itapira (Paraíbides, MG) e Varginha (Araxaídes, MG), além dos micaxistos Paraibuna na Serra do Mar; e uma faixa externa, caracterizada por dobramentos e falhamentos suaves incluindo o Grupo São João Del Rei”. (ARTUR, 1980, p. 11).

A área de estudo corresponde aos externídeos aqui expostos, no contexto do ramo Paraíbides de Minas Gerais.

A faixa Paraíbides, na região de Itapira, Ouro Fino e Águas de Lindóia, é interpretada como um antigo meganticlinal composto por sinclinais e anticlinais especiais, sendo os

anticlinais compostos por rochas do Grupo Amparo e os sinclinais por rochas do Grupo Itabira, sendo este último passível de correlação com os grupos São João Del Rei e Andrelândia (MESQUITA, 1997).

Almeida (1992) reforça a consideração do *Ciclo Depositional Andrelândia*, modelado em quatro fases de deposição denominadas, da base para o topo, por *Tirandentes*, *Lenheiro*, *Carandaí* e *Andrelândia*, sendo que as três primeiras afloram na região de São João Del Rei e a quarta mais para o Sul, sendo esta a de maior interesse na pesquisa.

Todos os ciclos deposicionais supracitados se deram com o final do evento Transamazônico, sendo amplamente aceito um modelo evolutivo baseado em três fases de deformação. Ribeiro (1990) *apud* Almeida (1992) sistematiza sucintamente as referidas fases: (a) formação do embasamento durante o Arqueano e o Proterozóico Inferior posteriormente afetado pelo evento tectono-metamórfico Transamazônico entre 2300 e 1900 milhões de anos AP; (b) deposição dos ciclos de sedimentação Tiradentes, Lenheiro, Carandaí e Andrelândia entre 1900 e 1300 milhões de anos AP; (c) ação dos eventos tectono-metamórficos Uruaçuano (1300 a 900 milhões de anos AP) e Brasileiro (700 a 500 milhões de anos AP).

Trouw *et al.* (1980) reconheceram, para a primeira fase de deformação, a atuação de falhas de empurrão responsáveis pelo imbricamento dos metassedimentos com os gnaisses, e para uma segunda fase intensos dobramentos fechados e recumbentes que deformaram a foliação da primeira fase e criaram a xistosidade atualmente observada, seguida de uma terceira fase que resultou em dobras mais suaves e abertas que deformaram a xistosidade da fase anterior sem gerar nova foliação.

Os ciclos deposicionais mencionados preencheram duas bacias intracratônicas mesoproterozóicas (bacias São João del Rei e Tiradentes) e uma bacia de margem passiva neoproterozóica (bacia Andrelândia). Na bacia São João del Rei foram depositadas sucessões predominantemente quartzíticas dos ciclos Tiradentes e Lenheiro, sendo que as outras duas bacias acomodaram a sedimentação dos ciclos homônimos, sendo o ciclo Carandaí formado por pelitos e calcários e o Ciclo Andrelândia por arenitos e pelitos (RIBEIRO *et al.* 1995).

A bacia Andrelândia tem ampla distribuição no sul de Minas, aparecendo na região de São Thomé das Letras-Luminárias, e, mais a nordeste, em Carrancas. A sul de São Thomé das Letras aparece na região de Cambuquira, Lamnbari e São Lourenço, sempre em cristas quartzíticas ou conjuntos de gnaisses e xistos. Também tem ocorrência marcante na região de São Vicente de Minas e Madre de Deus de Minas, de onde se prolonga em estreita faixa E-W até as proximidades de Ibitipoca e Lima Duarte. Ribeiro *et al.* (1995) interpretam a gênese da bacia Andrelândia vinculada a soerguimento crustal durante o Ciclo Brasileiro que ativou

antigas falhas e deformou o embasamento e as sucessões edimentares antecedentes, tendo havido uma mudança na pendente regional de norte para sudoeste, marcando o estabelecimento da borda primitiva da bacia Andrelândia.

A orogênese brasileira, que encerrou a evolução pré-cambriana da área pesquisada, está relacionada com os orógenos Brasília Meridional e Ribeira, correspondendo a chamada *megassequência Andrelândia-Itapira*, constituída por sucessões metassedimentares associadas a rochas meta-ígneas máficas ocorrente em todos os domínios que integram o terreno ocidental do Orógeno Ribeira, a sul e sudeste do Cráton do São Francisco (domínios autóctones Andrelândia e Juiz de Fora), bem como nos terrenos alóctones (*nappes*) que ocorrem na porção sul do Orógeno Brasília, a sudoeste do cráton sanfranciscano. A megassequência em questão subdivide-se em duas sequências particulares: a Sequência Serra do Turvo e a Sequência Carrancas, que inclui, da base para o topo, paragneisses bandados com intercalações de anfibolitos, quartzitos e filitos cinzentos; quartzitos e intercalações delgadas de xistos ricos em muscovita esverdeada; filitos e xistos cinzentos com intercalações quartzíticas (HEILBRON *et al.*, 2004).

A área de estudo está inserida, conforme exposto, em sequências metassedimentares em sistemas de *nappes* (*nappe* Carrancas, *nappe* São Tomé das Letras, *nappe* Luminárias), que, segundo Heilbron *et al.* (2004), estão relacionadas ao primeiro evento colisional da orogenia brasileira (Estágio Colisional I – 630-610 m.a.), que corresponde ao fechamento do Oceano Goianides, fenômeno que resultou na colisão entre os paleocontinentes Paranapanema e São Francisco, estruturando a porção sul do Orógeno Brasília e gerando o sistema de *nappes* de cavalgamento sub-horizontais.

Nesse ínterim, se faz conveniente a apresentação do conceito de *nappe*, o qual, segundo Loczy & Ladeira (1980), faz menção a uma unidade tectônica ou um lençol de rochas com extensão superior a 10 km que se deslocou de sua posição original por distâncias da ordem de vários quilômetros, recobrando formações rochosas situadas a sua frente.

As fases essenciais da evolução pré-cambriana da área eleita para pesquisa, que aqui foi procurado apresentar, são identificadas na paisagem em diversos níveis.

A disposição laminar de estratificação plano-paralela com mergulhos suaves dos quartzitos acusa o ambiente deposicional costeiro plataformar. Santos (1999) identificou traços ondulados marcando quartzitos na região de Carrancas, interpretado como ação de marés e ajudando a corroborar a veracidade das proposições discutidas.

O imbricamento dos metassedimentos com os ganisses também são verificados, sendo que foram identificados pontos em que estes estão sobrepostos estruturalmente ao quartzitos.

Também são verificadas as dobras recumbentes traduzidas pela tendência à horizontalidade dos planos axiais em faixas bastante representativas, bem como a sobreposição estrutural dos gnaisses perante os quartzitos, o que indica a existência do sistema de *nappes*.

Com base no apresentado, o conteúdo essencial a informar a respeito da evolução geral da área no Pré-cambriano pode ser resumido em três frases: (a) formação do embasamento Pré-cambriano afetado pelo evento Tranzamazônico; (b) deposição das coberturas sedimentares nas margens cratônicas passivas; (c) falhamentos e dobramentos no neo-proterózoico durante a justaposição da Terra de Gondwana.



Foto 5.1. Afloramento de quartzito em São Thomé das Letras indicando esforços deformacionais.

CAPÍTULO 6

6. A ÁREA DE ESTUDO NO CONTEXTO DAS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO DO BRASIL ORIENTAL

6.1. Considerações gerais

As superfícies de aplanamento configuram áreas de estruturas diversas que foram aplanadas ou cortadas indiferentemente pela erosão, o que repercute em uma forma topográfica discordante da estrutura, localizada acima do nível de base regional e modelada por processos de desnudação subaérea associados ou não a processos de acumulação (PINTO, 1988).

Em outras palavras, Bigarella (2003) esclarece que uma superfície de erosão configura um plano que trunca a estrutura e a litologia regional como um todo independentemente da resistência à erosão, reduzindo todas as rochas a uma superfície aplainada, condição esta tendencialmente ligada à ação de processos de degradação lateral da paisagem e formação de pediplanos.

Cassetti (1981) considera os aplanamentos regionais como longos episódios denudacionais do Terciário, com interferência de fases agressivas.

Diferencialmente soerguidas em altitudes variadas e mais ou menos deformadas, as superfícies de aplainamento, ainda que freqüentemente dissecadas e degradadas, subsistem na paisagem na forma de interflúvios planos ou de topografia acidentada. Estas superfícies raramente são perfeitas, sendo que os relevos residuais que as bordejam e os escarpamentos que por vezes as delimitam podem estar desconectados dos acidentes tectônicos ou dos contatos litológicos que assinalam estreitas influências estruturais (PEULVAST & SALES, 2002).

O estudo das superfícies de erosão fornece importantes subsídios para o entendimento da evolução do relevo em escala continental, evolução esta calçada em quatro modelos preponderantes. Tem-se, a partir daí, o modelo da peneplanação de Willian Morris Davis, o modelo da pediplanação de Lester King e o modelo dos patamares de piemonte (*piedmonttreppen*) de Walther Penck, todos eles baseados em uma concepção cíclica de evolução da paisagem. Adotando uma linha de pensamento que entende a evolução do modelado a partir de uma concepção acíclica, que prevê a ação efetiva do intemperismo químico e biológico profundo nas rochas localizadas em áreas tropicais úmidas, Wayland

apresentou, no ano de 1933, o modelo alicerçado nos planos de corrosão, também conhecido como etchplanação, valorizando a alteração química e os fatores bioclimáticos na evolução do relevo terrestre.

Alguns pontos de concordância geral acerca do significado das superfícies de aplainamento no contexto da evolução do relevo foram enumerados por Adams (1975) *apud* Gregory (1992):

- . As superfícies de aplainamento não configuram meros produtos topográficos de estado estacionário da dissecação aleatória;
- . A unidade superficial mais característica é o pedimeto;
- . A avaliação da elevação de determinada área a partir do nível atual das superfícies de aplainamento deve levar em conta as suas origens, os níveis de base e as vertentes regionais;
- . O principal aspecto temporal de uma superfície de aplainamento compreende o início do ciclo responsável pela sua gênese até a interrupção de sua emolduração, seja por sepultamento seja por efeito epirogenético de soerguimento crustal;
- . Uma superfície de aplainamento não precisa se encontrar, necessariamente, sob o mesmo regime climático vigente no início de seu desenvolvimento;
- . As superfícies de aplainamento devem ser consideradas no contexto geral da tectônica de placas, da expansão dos assoalhos oceânicos e da variação das áreas continentais com relação ao posicionamento das zonas climáticas.

O estudo da elaboração e posicionamento destas superfícies na paisagem é reconhecido como de importância ímpar para a compartimentação do relevo e para a compreensão da evolução morfológica de diversos contextos paleogeográficos.

6.2. Síntese sobre os estudos das superfícies de erosão

Entre os diversos autores que se dedicaram aos estudos das superfícies de aplainamento e dos níveis de erosão embutidos destacamos os trabalhos de: De Martonne (1943); King (1956); King (1962); Ab'Sáber & Bigarella (1961); Ab'Sáber (1960); Ab'Sáber (1962); Ab'Sáber (1969); Ab'Sáber (1969a); Ab'Sáber (1969b); Ab'Sáber (1969c); Ab'Sáber (1969d); Bigarella & Mousinho (1965); Christofolletti & Penteado (1970); Braun (1971); Barbosa (1980); Bigarella (2003).

Os primeiros estudos concisos sobre as superfícies de aplainamento foram levados a efeito por De Martonne (1943). Bigarella (2003) cede mérito ao autor argumentando que,

anteriormente aos seus estudos, as superfícies aplainadas registradas no Brasil eram interpretadas como resultado de processos de peneplanização que atuaram em largo tempo geológico, ao gosto da geomorfologia davisiana.

A partir dos estudos desempenhados por De Martonne (1943) tomou lugar a concepção de três ciclos responsáveis pela evolução de três grandes níveis de aplanamento designados por Superfície dos Campos (Cretáceo Médio), Superfície Paleogênica (Terciário Inferior) e Superfície Neogênica (Terciário Superior), além de um caso específico nas proximidades de Itu (SP), tido como uma superfície pré-permiana na interpretação do autor.

De Martonne (1943) situa a Superfície dos Campos em terrenos elevados do Brasil Sudeste com ocorrência destacada no Planalto de Campos do Jordão, atribuindo para ela idade cretácea, enquanto Raynal (1960) a teria interpretado como uma superfície mais antiga, possivelmente do Triássico. De Martonne (1943, p. 537) apresenta para a Superfície dos Campos as considerações abaixo:

“Seus limites podem ser escarpas retilíneas, como a frente da Mantiqueira ou a dos Campos de Ribeirão Fundo, ao pé dos quais se alinham o alto Jaguari, afluente do Tietê e o rio Itaim, afluente do Sapucaí, escarpas geralmente voltadas para o sul ou o sudeste e que são evidentemente as bordas falhadas ou violentamente flexuradas de blocos basculados. Do lado do norte e do oeste, é geralmente num contôrno recortado e menos preciso que a alta superfície dos campos se interrompe”.

O mesmo autor reconhece um degrau inferior correspondente à Superfície Paleogênica (Terciário), também referida como Superfície das Cristas Médias, registrada com a seguinte descrição:

“O que domina é a paisagem das colinas mamelonares dominadas por cristas curtas com orientações variáveis, mas de altitude assaz constantes...Elas sobem regularmente de 1000 a 1100 m a 1300 a 1400 m, seja para o sul, afastando-se do rio Grande, seja para leste, afastando-se da zona em que aflora a superfície pré-permiana” (DE MARTONNE, 1943, p. 538).

Ainda no sul de Minas Gerais Emanuel De Martonne identifica a ocorrência de uma superfície de erosão mais recente, denominada por Superfície Neogênica e atribuída ao Terciário Superior. O autor assim percebe:

“Descendo os diversos braços do alto Sapucaí, por exemplo, não é ao nível das cristas médias que se chega, mas sensivelmente mais abaixo; emoldurados por patamares, depois cada vez mais largos, com fundo chato e pantanoso, para as bandas de Pouso Alegre, os vales são apenas entalhados de uns 100 m, num labirinto de colinas que não ultrapassam 1000 m”. (DE MARTONNE, 1943; p. 538).

Posteriormente a De Martonne, estudos substanciais a propósito das superfícies de erosão do Brasil Oriental foram realizados por Lester King (KING, 1956), (KING, 1962), que concebe cinco ciclos erosivos responsáveis pelo aplainamento de cinco superfícies, a saber: Ciclo Gondwana (Cretáceo Médio), Ciclo Pós-Gondwana (Cretáceo Superior), Ciclo Sul-Americano (Terciário Inferior), Ciclo Velhas (Terciário Superior) e Ciclo Paraguaçu (Quaternário). De acordo com o autor supracitado, segue uma apresentação sumária de cada um dos ciclos arrolados:

Ciclo Gondwana: O mais antigo concebido pelo autor, teria se processado a partir do Cretáceo Médio-Superior com o fim dos derrames basálticos, tendo removido a sedimentação triássica em grandes áreas.

Ciclo Pós-Gondwana: Quase tão antigo quanto a Superfície Gondwana, King (1956) interpretou que esta superfície raramente se encontra aplainada, aparecendo localmente na forma de terraços sobre os flancos das elevações que são cortadas pela Superfície Gondwana. Aparece, conforme o mapeamento do autor, com maior tipicidade no setor central do estado de Minas Gerais, regiões de Belo Horizonte e Ouro Preto, e no vale do Jequitinhonha, nas proximidades de Diamantina.

Ciclo Sul-Americano: O aplainamento dessa superfície teria se dado ao longo do Terciário Inferior, até o Mioceno, aparecendo como chapadas que se erguem sobre sistemas de vales ou planícies onduladas, produtos da atuação de ciclos posteriores. Aparece preservada com destaque, entre outros locais, na Serra da Mantiqueira e em setores de cimeira do planalto do alto rio Grande. Também persegue as cumeadas da Serra do Espinhaço.

Ciclo Velhas: Processado no Terciário Inferior, é responsável pelo desgaste da Superfície Sul-Americana. Tal fase erosiva adentrou pelo continente e alcançou ampla distribuição geográfica.

Ciclo Paraguaçu: De idade quaternária, é responsável pela abertura de gargantas e vales recentes na Superfície Velhas. Ocorre com frequência na Bahia e nas áreas costeiras dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, registrando ocorrência mais restrita em Minas Gerais.

Braun (1971) chama a atenção, a respeito da Superfície Gondwana, alegando que a sedimentação deve ter sido muito pobre no Triássico, período ao qual era atribuída a deposição dos sedimentos Botucatu na época dos estudos de King, o que induziu o autor a um erro de interpretação para este caso.

Ab'Sáber & Bigarella (1961) distinguem quatro superfícies erosivas no primeiro Planalto do Paraná: Superfície Pré-Devoniana; Superfície do Purunã; Superfície do Alto Iguaçu; Superfície de Curitiba. A Superfície Purunã, dentro desta divisão, pode ser relacionada à Superfície Sul-Americana (BIGARELLA, 2003).

A revisão da literatura sobre as superfícies de erosão demonstra certa incompatibilidade entre os resultados apresentados pelos principais autores que se ocuparam de tal ordem de pesquisa, o que é sintetizado no Quadro 6.1.

Quadro 6.1. Superfícies de erosão segundo os autores analisados

AUTOR ANALISADO	NOMENCLATURA UTILIZADA	IDADE ATRIBUÍDA
E. De Martonne	Superfície dos Campos	Cretáceo Médio
	Superfície Paleogênica	Terciário Inferior
	Superfície Neogênica	Terciário Superior
L. King	Superfície Gondwana	Cretáceo Médio
	Superfície Pós-Gondwana	Cretáceo Superior
	Superfície Sul-Americana	Terciário Inferior
	Superfície Velhas	Terciário Superior
	Superfície Paraguai	Quaternário
A. N. Ab'Sáber	Superfície dos Altos Campos	Cretáceo Médio-Terciário Inferior
	Superfície das Cristas Médias	Terciário Médio
	Superfície Neogênica	Terciário Superior
	Superfície Jundiá	Quaternário
J. J. Bigarella	Pd ₃	Cretáceo Superior-Terciário Inferior
	Pd ₂	Terciário Médio
	Pd ₁	Plio-Pleistoceno
O. Braun	Ciclo Gondwana	Cretáceo Médio
	Ciclo Pós-Gondwana	Cretáceo Médio
	Ciclo Sul-Americano	Cretáceo Superior-Terciário Superior
	Ciclo Velhas	Plio-Pleistoceno-Quaternário

Adaptado de Meis & Miranda (1982).

6.3. A Superfície Sul-Americana

O estudo das superfícies de erosão é marcado, conforme foi visto, por uma notória discordância entre os autores no que concerne à nomenclatura, período e tempo de duração para o aplainamento das superfícies. Entretanto, uma certa convergência de idéias se cristaliza na interpretação da Superfície Sul-Americana, que tem importância especial no presente estudo.

É reconhecido para a Superfície Sul-Americana um longo período de aplainamento que se estendeu por todo o Terciário Inferior. Braun (1971) chega ao extremo de considerar que todo o relevo brasileiro atual foi esculpido a partir da referida superfície.

King (1956) também entende que a partir da Superfície Sul-Americana é que se desenvolveu a escultura da paisagem moderna do Brasil. Constitui a superfície de erosão mais ampla, ocupando as chapadas ao sul da Serra do Espinhaço e o setor meridional do estado de Minas Gerais.

Os indícios da existência conspícua da Superfície Sul-Americana na paisagem terciária aparecem em grandes extensões do sudeste brasileiro, ora nivelando cumeadas de sistemas orográficos de destaque, ora ocorrendo localmente no topo de planaltos elevados, nivelando as mais variadas estruturas, inclusive intrusões alcalinas senonianas do oeste de Minas Gerais e sudeste de Goiás (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

Em conformidade com Hasui (1990), a Superfície Sul-Americana aplainou enorme extensão do Brasil Oriental, sendo alçada, após sua formação, até as altitudes atuais (em torno de 1100 metros) no Brasil Centro-Oriental, alçamento este que viabilizou a esculturação do relevo atual através de pulsos com assinaturas em superfícies de erosão mais recentes.

A elaboração da Superfície Sul-Americana teve início no Mesozóico a partir da ruptura das placas Sul-Americana e Africana, se desenvolvendo até o Mioceno Médio, quando foi inaugurada a sedimentação do Grupo Barreiras, perfazendo um intervalo de tempo de aproximadamente 100 M. a. (BIGARELLA, 2003).

Também conhecida como Superfície do Japi, conforme reconhecido por Penteado (1968) para o topo das cuestas basálticas do estado de São Paulo, a Superfície Sul-Americana foi deformada por flexuras e grandes falhamentos, erguendo-se gradualmente por flexão até altitudes superiores a 2000 metros nas cumeadas da Serra da Mantiqueira (Planalto de Campos do Jordão). Durante sua deformação, o Planalto Atlântico foi exaustivamente desnivelado por falhas, desenvolvendo semi-grábens com inclinação para NNW e orientados

segundo direções ENE dos falhamentos pré-cambrianos então reativados, originando um sistema de bacias tafrogênicas (Taubaté, Resende, Volta Redonda, Guanabara) que mantém paralelismo com a Serra do Mar (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998).

Diante de um intervalo de tempo significativamente longo, é considerado que o desenvolvimento da Superfície Sul-Americana não constitui um processo único e contínuo.

A partir da reativação intraplaca do Cretáceo Superior, responsável pelo remodelamento das bacias marginais e pelo arranjo da rede hidrográfica da fachada atlântica, a Superfície Sul-Americana teria alcançado condições de relevo aplainado na passagem para o Terciário (VALADÃO, 1998 *apud* BIGARELLA, 2003). Após adquirir a sua configuração final na transição entre o Cretáceo e o Paleogeno, a Superfície Sul-Americana teve seu modelado retrabalhado entre o Paleoceno e o Mioceno Inferior, numa grandeza temporal superior a 40 M. a. (BIGARELLA, 2003).

O soerguimento miocênico implicou na elevação de grande parte do território brasileiro, com reativações intraplaca ocorrendo de modo generalizado, o que repercutiu numa significativa desnudação continental responsável pela interrupção da elaboração da Superfície Sul-Americana. Tal soerguimento modificou o nível de base no interior do continente e da fachada atlântica, rejuvenescendo a rede hidrográfica e iniciando a elaboração da chamada Superfície Sul-Americana I, processo este que se estendeu até o Plioceno Superior, num intervalo de tempo que não ultrapassa 8 M. a. (VALADÃO, 1998 *apud* BIGARELLA, 2003).

A partir de um novo soerguimento epirogenético ocorrido no Plioceno Superior, o mesmo autor, já citado, atribui a elaboração da Superfície Sul-Americana II, que ocupa o piso das depressões interiores e sub-litorâneas, correspondendo, grosso modo, à Superfície Sertaneja proposta por Ab'Sáber (1969) para o nordeste brasileiro, sob o argumento de que

“a análise da distribuição geográfica das áreas de pediplanação moderna no nordeste e na Bahia nos mostra a mais importante e bem preservada rede de plainos de erosão modernos – coalescentes e interligados – existentes em qualquer dos setores de compartimentos interiores do grande planalto brasileiro” (AB’SÁBER, 1969, p. 16).

As denominações Superfície Sul-americana I e Superfície Sul-Americana II partem do pressuposto de que as superfícies que sucederam a Superfície Sul-Americana tiveram (e estão tendo) sua elaboração processada a partir do desgaste daquela extensa superfície.

Bistrichi (2001) adverte que o quadro que considera a elaboração das superfícies Sul-Americana I e II, da maneira que foi arrolado acima, encontra limitações de utilização na região sudeste, uma vez que a Superfícies Sul-Americana, nessa porção da placa, sofreu forte tectonismo em função do rifteamento que acometeu a referida região em tempos

paleogênicos. Durante o Eoceno-Oligoceno, o desenvolvimento dessa superfície foi interrompido por tectônica distensiva que originou diversas bacias sedimentares, iniciando seu desgaste.

Às custas da erosão da Superfície Sul-Americana é que o Ciclo Velhas teria adentrado nos setores interioranos até algumas centenas de quilômetros da costa ao longo dos rios principais, perfazendo uma distribuição geográfica bastante extensa.

6.4. Superfícies de erosão na área de estudo

Em estudos a respeito das superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero (MG), Barbosa (1980) utilizou como técnica para identificar antigas superfícies de relevos mais recentes a observação do grau de afastamento das curvas-de-nível, tomando como critério de identificação, para a sua área de estudo, os relevos com declive de até 4%, considerado pelo autor como o limite de escoamento das águas, alertando sobre as insuficiências contidas no método de Lester King, no qual os níveis de erosão eram empilhados segundo planos paralelos à linha do horizonte a partir da determinação das altitudes médias sobre as quais se projetava um plano imaginário de continuidade da paleosuperfície.

No presente estudo é exercitado o procedimento de Barbosa (1980), reconhecendo a Superfície Sul-Americana no topo das serranias locais e tendo como declividade limite valores compreendidos entre 6 e 12%, a partir do qual se verifica a incisão da drenagem e uma maior aproximação das isolinhas, demonstrando a elaboração de uma superfície mais recente e registrando a preservação da superfície paleogênica nas cumeadas. Onde os interflúvios se encontram mais estreitos, o declive que marca a mudança de superfícies erosivas pode assumir valores mais elevados em forte ruptura de declive.

Considera-se o critério puramente altimétrico limitado para o estudo das superfícies de aplainamento, uma vez que níveis cronocorrelatos podem ter sido gerados em altitudes diferenciadas em função da interferência de outras variáveis, como a litologia e os soerguimentos diferenciais que se instalam com a diversidade tectono-estrutural. Dessa forma, as superfícies serão analisadas do ponto de vista genético-evolutivo com atenção ao material de origem, postura esta mais apropriada para apreender elementos da gênese, evolução e idade do aplainamento.

Foram identificadas na área de estudo três superfícies de erosão diferenciadas do ponto de vista cronológico e genético-evolutivo, designadas por *superfície de cimeira ou das cristas* (Sc), *superfície intermediária dos morros dissecados* (Si) e *superfície pedimentar-alveolar recente* (Sr). A superfície de cimeira corresponde, de maneira segura, à Superfície Sul-Americana, ao passo que a superfície intermediária guarda relação com a Superfície Velhas, sendo regionalmente bastante extensiva. A *superfície pedimentar-alveolar recente* constitui nível erosivo mais jovem, sendo representada por terraços e vales embutidos cuja elaboração se deu pelo final do Quaternário.

As superfícies geomórficas são aqui marcadamente separadas por escarpas funcionais que limitam as superfícies mais antigas dos modelados de dissecação posteriores, facilitando a distinção entre setores de cimeira e setores intermediários, que marcam níveis mais recentes. Na área de estudo, a Superfície Sul-Americana foi tectonicamente deformada, apresentando, pelas duas vertentes limitantes, declives consideráveis denunciados por significativa proximidade das curvas-de-nível. Assim, os contatos com os aplainamentos mais recentes podem ser estimados com base na ruptura de declive verificada nos limites entre o topo das dobras monoclinais, onde as isolinhas se fecham, e os vales embutidos e modelados de dissecação circundantes (Figura 6.1).

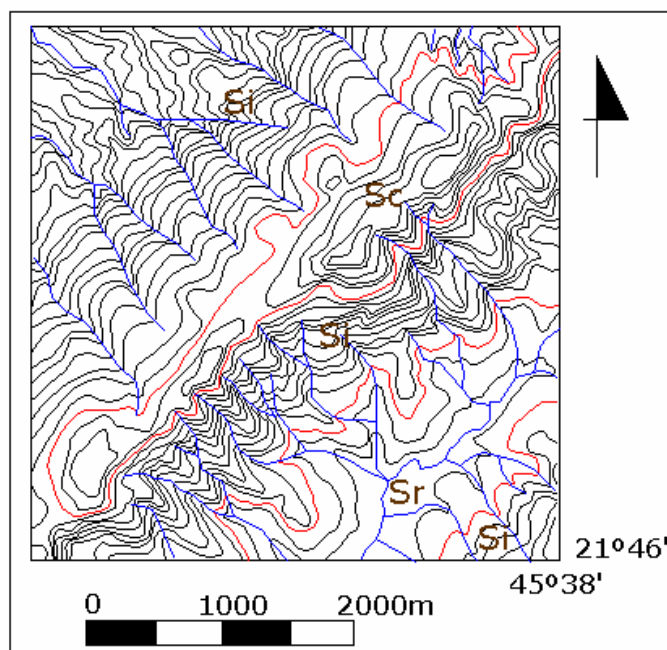


Figura 6.1. Limites entre a superfície de cimeira ou das cristas (Sc), superfície intermediária dos morros dissecados (Si) e Superfície pedimentar-alveolar recente (Sr) (isolinhas vermelhas).

Superfície de cimeira ou das cristas

Pode ser relacionada à Superfície Sul-Americana. O topo das cristas monoclinais estruturadas pelos quartzitos do Grupo Andrelândia registram a ocorrência deste nível erosivo no Planalto do Alto Rio Grande, onde se impõem como remanescentes exemplares dessa paleosuperfície que foi submetida à denudação pós-cretácea. Tais estruturas padronizam significativa porção do relevo em São Thomé das Letras e região. Possuem limite meridional na região de Lambari, perto da Depressão Pouso-Alegrense, e se interrompem bruscamente na extremidade norte de São Thomé das Letras. Reaparecem na região de Carrancas e Minduri (Chapada das Perdizes, Serra das Bicas), onde estruturam expressivos blocos de falha transcorrente por tectônica distensiva.

A Superfície Sul-Americana, que aparece nesses setores de cimeira, já fora apontada por De Martonne (1943) da maneira que é narrado nessa passagem:

“verdadeiras cristas monoclinais, mas freqüentemente arestas com vertentes simétricas, cujo traçado não é jamais retilíneo e pode encurvar-se até esboçar uma semi-elipse, sinal de uma dobra cujo eixo se eleva ou se abaixa rapidamente; a altitude sofre aí variações fracas, mas repetidas, pelo desenvolvimento de colos de flanco. Encontram-se também lombadas arredondadas até formar quase que planaltos de altitude uniforme, entalhando camadas duras alteadas, que representam testemunhas evidentes de superfícies de erosão” (DE MARTONNE, 1943, p. 533).

A preservação da Superfície Sul-Americana em terrenos cristalinos do Brasil Oriental facilitou o seu estudo, possibilitando assim um maior consenso e integração de resultados. Bigarella (2003) nota que tais ocorrências truncam um arcabouço litoestrutural bastante diversificado que foi deformado no ciclo brasileiro (conforme a área de estudo) e também unidades mesozóicas sub-horizontais da bacia do São Francisco.

King (1956) esclarece que a Superfície Sul-Americana aparece freqüentemente na forma de chapadas que se elevam sobre sistemas de relevo produtos da ação de fases erosivas posteriores, sendo que tais remanescentes aplainados é que individualizam a superfície em consideração, apesar da dissecação subsequente.

De maneira similar à exposta, a Superfície Sul-Americana encontra-se preservada na área de estudo, onde os topos das faixas metassedimentares testemunham sua ocorrência, tomando, em grandes extensões, aspecto aplainado a suavemente inclinado nas linhas de cumeada. Aparece, portanto, nas áreas de cimeira, percorrendo o topo das elevações de maior destaque. Por terras das bacias dos rios Sapucaí, Verde e Grande, as cristas quartzíticas assinalam paleosuperfícies com intensidade variada de deformação tectônica e rebaixamento químico.

A Superfície Sul-Americana atinge cotas próximas a 1.500 metros no extremo norte do município de São Thomé das Letras, perdendo altitude no sentido SW, rebaixando-se progressivamente aquém de 1.300 metros. Na Serra do Cantagalo tem ocorrência registrada a partir de 1200 metros de altitude, sobrelevando-se em patamares próximos a 1400 metros. Na mesma direção, seguindo o eixo de orientação geral dessas estruturas monoclinais (NE-SW), a altitude decai para valores inferiores a 1000 metros nos municípios de Conceição do Rio Verde (MG) e Três Corações (MG), setores onde se encontram mais rebaixadas. Em Lambari (MG) as altitudes voltam a ascender e ultrapassam 1500 metros.

Em estudos no Sul de Minas, Magalhães Jr. & Trindade (2004) situaram a Superfície Sul-Americana em altitudes entre 961 e 1240m, fazendo ressalva quanto às limitações de um critério puramente altimétrico na definição de paleosuperfícies em áreas de relativa atividade tectônica como a parte meridional de Minas Gerais. É plausível assim argumentar que as cotas mais elevadas da área de estudo constituam efetivamente remanescentes da Superfície Sul-Americana, que se eleva de maneira mais acelerada em blocos regionais localizados, correspondentes a falhamentos brasileranos que atualmente obedecem a uma orientação preferencial NNE-SSW e que são correspondentes a expressivos cinturões de cisalhamento do Brasil Sudeste (Ouro Fino, Borda da Mata, Senador José Bento, Serra dos Criminosos, Lambari), que exercem seus últimos controles na região de São Thomé das Letras. Dessa forma, a dinâmica epirogenética intraplaca não é uniforme, se processando de maneira diferencial conforme a diversidade tectono-estrutural da plataforma, podendo colocar superfícies cronocorrelatas em diferentes níveis altimétricos.

Não fica de fora também o inexorável rebaixamento químico da paisagem, que fica patente em São Thomé das Letras, bem como em outros terrentos quartzíticos do sul de Minas, nos processos de evolução química do relevo por meio da dissolução dos quartzitos.

Ainda assim, em grande o fator litológico foi fundamental para a preservação da superfície de cimeira, em decorrência da alta resistência do quartzito a meteorização química, o que dá a esta rocha o título de guardião da Superfície Sul-Americana no Planalto do Alto Rio Grande.

Superfície intermediária dos morros dissecados

Em setores adjacentes às linhas de serra o relevo toma aspecto ondulado com evolução ligada a uma fase erosiva mais recente, que foi denominada por King (1956) de Ciclo Velhas, processo de aplainamento de idade plio-pleistocênica que atingiu os planaltos interiores

ramificando seus vales em todas as direções, alcançando uma distribuição geográfica bastante ampla e se responsabilizando pela obliteração da maior parte da Superfície Sul-Americana. Tais níveis são aqui designados por *superfície intermediária dos morros dissecados*, estando situados entre as superfícies de cimeira e níveis penecontemporâneos. Christofolletti & Penteado (1970) asseveram que o limite entre o Plioceno e o Pleistoceno é marcado por vasto aplainamento que forjou grande expressão espacial na paisagem brasileira, em conformidade com a interpretação de Áb'Sáber (1965), entendendo aqueles autores que a interpretação deste amplo nível de pediplanação pode ser tomado como ponto de partida para a datação relativa dos acontecimentos processados no Quaternário.

Nesses setores de relevo composto por morros e morrotes, o ciclo erosivo que sucedeu o Sul-Americano aproveitou a maior susceptibilidade dos gnaisses ao intemperismo químico, que atuou com maior eficácia, sendo também verificada para estas áreas depósitos decorrentes da atuação do intemperismo físico em períodos marcados pela aridificação do clima. As altitudes deste nível erosivo variam em torno de 900 e 1.000 metros nas áreas amorreadas, subindo além à medida que a frente erosiva aprofunda a dissecação nos terrenos quartzíticos.

Para King (1956), os ciclos Sul-Americano e Velhas são coextensivos, e, quando atuam em conjunto, formam concordâncias de cristas (Superfície Sul-Americana) e vales (Superfície Velhas), da maneira que se verifica em São Thomé das Letras.

O modelado em questão encontra-se mais densamente dissecado a leste das cristas quartzíticas, sendo a oeste verificado um terreno de densidade de drenagem menos densa com formas maiores e mais aplainadas.

Superfície pedimentar-alveolar recente

Foi interpretado um nível aplainado mais recente que se aloja entre as cristas monoclinais na forma de terraços pedimentares e planícies alúvio-coluvionares, apresentando depósitos cuja datação relativa remonta ao Quaternário Superior. Tratam-se assim de ambientes de acumulação atualmente dissecados pela drenagem que incide a frente erosiva nas encostas quartzíticas.

Tais níveis de terraços evoluem claramente pelo efeito remontante proveniente dos terrenos mais rebaixados localizados na Depressão do Sapucaí, cujas planícies alveolares modelaram superfícies mais recentes. Concomitantemente, é percebido um alargamento do terraço e das planícies pelo recuo das vertentes em climas mais secos.

Na região de São Thomé das Letras, uma série de cursos d'água superimpostos escavou *percées* nas faixas quartzíticas e se encarregaram de arrasar o relevo adjacente às

cristas, dissecado pela drenagem instalada no Terciário tardio e rebaixado pelo intemperismo mais intensivo dos gnaisses, mostrando a importância do controle litoestrutural na evolução da paisagem. Para Varajão (1991), tal condicionante questiona a existência de ciclos erosivos que culminaram com a geração de superfícies de aplanamento de diferentes idades.

Os principais rios (Sapucai, Verde) que dissecam os patamares rebaixados da região, provêm dos terrenos cristalinos mais elevados do Brasil de Sudeste, onde a Superfície Sul-Americana se encontra preservada com maior veemência. O efeito erosivo remontante contribui, dessa forma, para o arrasamento da Superfície Sul-Americana, que teve início com a atuação do Ciclo Velhas, instalado a partir da epirogênese miocênica. O processo de dissecção e erosão remontante adentra a calha do rio Baependi e de outros afluentes do Rio Verde, forçando o recuo das vertentes e abrindo depressões intermontanas entre os remanescentes da superfície predecessora.

Os efeitos remontantes, a despeito de sua atuação efetiva, não são os únicos responsáveis pelo desgaste da Superfície Sul-Americana e de níveis mais recentes. A evolução do relevo também está ligada às oscilações climáticas as quais a área vem sendo submetida, eventos estes que imputam considerável complexidade no estudo das paisagens tropicais.

Passos & Bigarella (2001) advertem que a elaboração das superfícies de erosão está freqüentemente ligada a variações climáticas, que, ao longo do tempo, impuseram de forma alternada sucessivos processos erosivos. Os autores assim expõem importante concepção de Bigarella & Ab'Sáber (1964) *apud* Bigarella & Passos (2001, p.115):

“As superfícies contemporâneas podem desenvolver-se em alvéolos, a altitudes bastante variadas, evoluindo na dependência direta de soleiras (knick points) mantidas pela rede de drenagem. Dessa forma, o aparecimento de níveis mais recentes não teria o caráter regressivo (remontante) preconizado por King. Assim sendo, um critério puramente altimétrico torna-se insuficiente para a datação e correlação entre os diferentes níveis de aplainamento. A sucessão vertical dos níveis em relação ao fundo atual dos vales e depressões forneceria a chave para o reconhecimento da cronologia, possibilitando, outrossim, uma correlação entre níveis encontrados em altitudes absolutas bastante diversas e em áreas distintas”.

É plausível argumentar em favor de uma convergência de processos, congregando os efeitos remontantes e aqueles decorrentes das oscilações climáticas na elaboração das superfícies de erosão.

A conjugação dos efeitos elaboradores de superfícies aplainadas no sudeste brasileiro foi responsável pela elaboração da superfície mais recente em consideração, interpretada

como de caráter pedimentar ou alveolar que se aloja entre as faixas serranas na forma de terraços pedimentares e planícies alúvio-colvionares com alvéolos, apresentando depósitos cuja datação relativa remonta ao Quaternário Superior. Tais níveis de terraços evoluem claramente, como foi explicado, pelo efeito remontante proveniente dos terrenos mais rebaixados localizados na depressão do Sapucaí, cujas planícies alveolares modelaram superfícies recentes que podem corresponder, ainda que em grosso modo, ao Ciclo Paraguaçu de King (1956). Concomitantemente, é percebido um alargamento do terraço e das planícies pelo recuo das vertentes em climas mais secos, notadamente onde os divisores são litologicamente representados pelos quartzitos, área fonte dos depósitos encontrados nos terraços.

Os depósitos correlativos de fases de predomínio de intemperismo físico verificados nos terraços supracitados são encontrados em faixas de sedimentos clásticos (linhas-de-pedra) inumados por um volume pedológico cuja espessura pode variar de alguns centímetros a alguns metros, sendo que parte do referido solo foi retirada por erosão natural ou por intervenção antrópica (abertura de estradas, pastagem, agricultura).

Os materiais que compõem parte dos depósitos verificados são predominantemente angulosos em suas arestas, indicando um baixo retrabalhamento levado a efeito pela água, num provável regime torrencial de transporte e deposição. Em outros depósitos, a quantidade de arredondamento das bordas é maior, indicando regimes hidrodinâmicos diferenciados provavelmente relacionados a uma paleodrenagem posteriormente colmatada.

Em alguns pontos, notadamente nas extremidades setentrionais das faixas quartzíticas, a paleotopografia que ficou marcada pelas linhas de pedras indica uma ondulação maior que a atual; a sedimentação de materiais finos, levada a efeito em clima úmido, suavizou a superfície do setor em questão.

Os setores em discussão constituem superfícies formadas às custas do desgaste da Superfície Sul-Americana preservada nos setores de cimeira, porém não guardam correspondência cronológica com o Ciclo Velhas, registrado com maior segurança no modelado de morros e morrotes. Trata-se de aplainamentos mais recentes responsáveis pela abertura de tais vales em atuação conjunta entre a ação regressiva que adentrou os terrenos estudados e as oscilações climáticas do Pleistoceno tardio. Em consonância, Cassetti (1984) identifica, para a região de Goiás (GO), superfícies mais recentes evoluídas em embutimentos topográficos.

King (1956) coloca que os ciclos posteriores ao Sul-Americano que passaram a atuar após o soerguimento miocênico e outros posteriores são marcados pelo entalhamento e

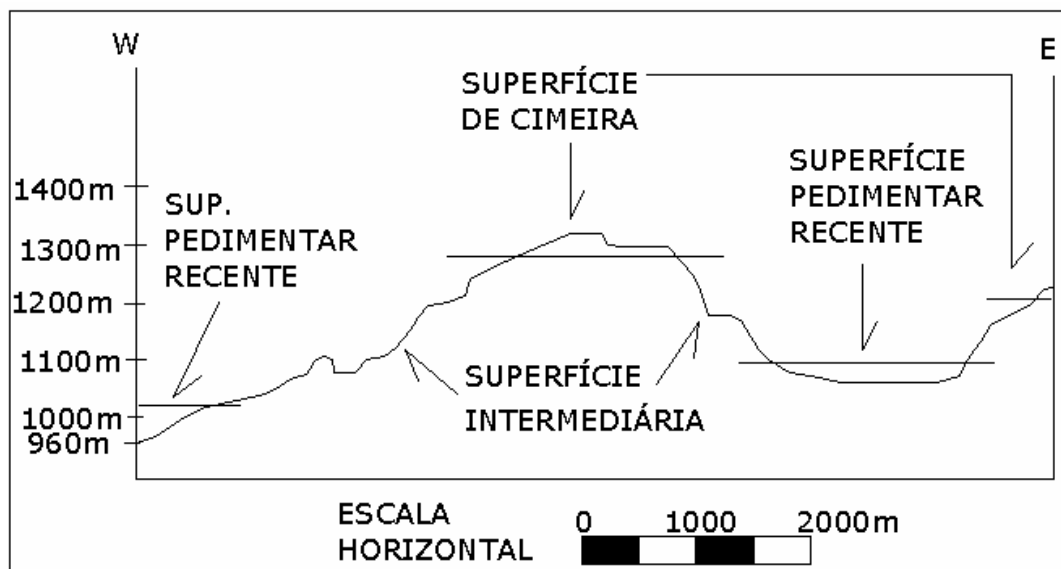
abertura de vales à medida que a drenagem se ajustava ao nível de base imposto pela epirogênese positiva, que produziu o desgaste da maior parte do planalto produzido pelo Ciclo Sul-Americano.

Identificando o mesmo quadro geomorfológico com base na ciclicidade de fases climáticas secas e úmidas, Passos & Bigarella (2001) reconhecem a elaboração de pedimentos embutidos entre os pediplanos Pd3 e Pd2, com uma nova fase de desenvolvimento do pediplano Pd2 no Terciário Médio, o qual raramente se apresenta como superfície de cimeira, sendo, via de regra, de caráter intermontano, compondo compartimentos alveolares antigos e grandes em setores elevados do Brasil Sudeste.

Um único critério de análise não possibilita um tentativo entendimento a respeito das superfícies de aplainamento e seu significado na evolução do relevo. Da mesma forma que o critério puramente altimétrico se mostra temerário, em face à influência da litologia no intemperismo químico e aos processos de soerguimento diferencial aos quais a plataforma está submetida, a evolução por erosão regressiva ou aquela ordenada por efeitos climáticos, vistas isoladamente, também podem se demonstrar insuficientes, sendo recomendável uma abordagem conjunta dos fenômenos. Não menos, os componentes tectono-estruturais que determinam diferentes intensidades de esforços intraplaca, devem ser estimados.

Um transecto de direção E-W (Figura 6.2) representa as superfícies de erosão identificadas em São Thomé das Letras, e a Figura 6.3 mostra sua distribuição espacial na área do município.

Figura 6.2. Perfil representativo das superfícies de erosão em São Thomé das Letras. (Org: MARQUES NETO, R.).



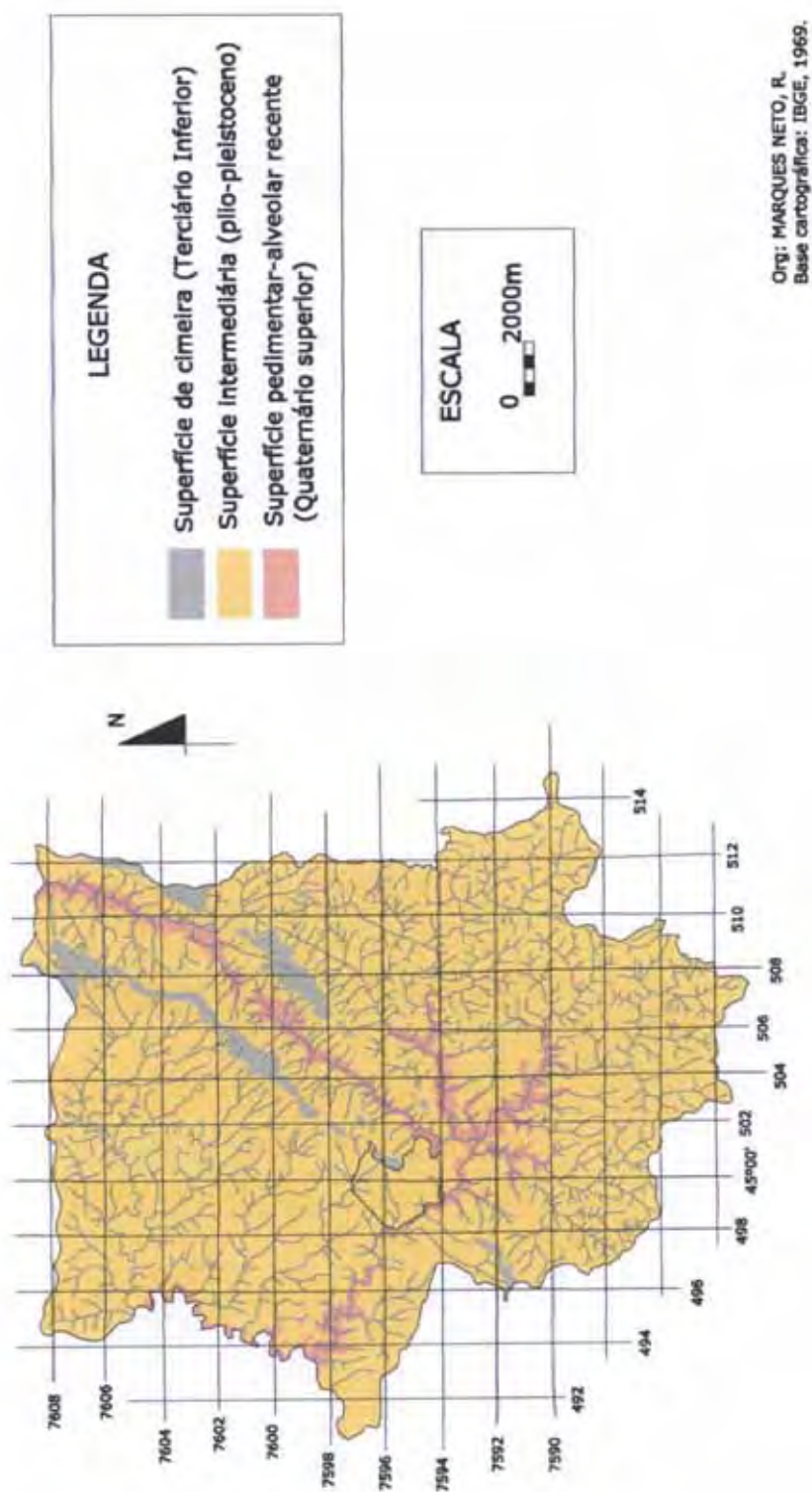


Figura 6.3. Posicionamento das superfícies de erosão em São Thomé das Letras.

CAPÍTULO 7

7. EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NO QUATERNÁRIO

7.1. As glaciações

7.1.1. Considerações preliminares

O Pleistoceno, período da história geológica da Terra cujo limite inferior está situado na ordem de aproximadamente 1,8 milhões de anos A.P., é marcado pela alternância de eras glaciais, caracterizadas por diminuição da temperatura acompanhada de aridificação generalizada do clima, e períodos interglaciais, marcados pela retomada da umidade. Juntamente com o Holoceno, período atual, compõe o Quaternário, cujo estudo é de extrema importância para a interpretação da evolução das paisagens terrestres.

SUGUIO et al. (2005) apelam para o final do termo Quaternário, da maneira que foi com os termos Primário, Secundário e Terciário, em função de sua incômoda ambiguidade, mesmo destino que poderia ser dado ao termo Holoceno, mais presumivelmente um período interglacial pleistocênico do que uma época do Neógeno. Os autores advogam em favor do estabelecimento do início do Pleistoceno em 2,6 Ma, argumentando que as primeiras expansões expressivas das geleiras continentais do hemisfério Norte, bem como os primeiros depósitos de *loess* na China, possuem tal idade, atrasando assim o estratótipo-limite e encurtando o Plioceno em 800 mil anos, salvaguardando o Quaternário como unidade estratigráfica informal e entendendo o termo como sinônimo da época Pleistoceno do período Neogeno.

O Quaternário é marcado por acentuada instabilidade climática, sendo que, após o término do Terciário, raras foram as regiões da Terra que conheceram estabilidade climática e que evoluíram mediante a ação de um único imperativo morfoclimático. O que predominou, via de regra, foram sistemas evolutivos poligênicos que legaram às paisagens terrestres marcas de sucessivos sistemas morfogenéticos comandados por sucessivos sistemas morfoclimáticos (PENTEADO, 1974). Tricart (1965) compartilha da mesma opinião, e também argumenta que poucas foram as regiões do globo que, ao final do Terciário,

mantiveram suas condições morfoclimáticas estáveis, e, por isso, a maior parte das paisagens terrestres conserva os traços de sistemas morfogenéticos diferentes.

Em épocas em que os estudos sobre a natureza das influências e as repercussões fisiográficas das flutuações climáticas do Quaternário no território brasileiro eram bastante restritos, Ab'Sáber (1957; 1958) já ponderava de maneira concisa sobre a existência de climas mais frios e secos no Brasil de Sudeste por ocasião das glaciações, bem como a respeito das influências exercidas na distribuição da vegetação e nos processos morfogenéticos operantes.

Tricart & Silva (1958) identificaram dois níveis de cascalheiras na bacia de Taubaté, que teriam se depositado sob condições de clima sub-úmido a semi-árido, bem como folhelhos piperáceos fossilíferos tomados como depósitos de clima úmido, e Ab'Sáber (1969) ressaltou o significado paleogeográfico das “*stone lines*” no vale do Paraíba do Sul e de cascalheiras (AB'SÁBER, 1969a) depositadas sobre camadas de areia e argila na bacia de São Paulo, reconhecidas como depósitos de clima semi-árido correspondente às fases de pedimentação mais intensivas que marcaram o fim da deposição da referida bacia.

Bigarella (1971) utilizou-se da datação radiométrica através do método do carbono 14 para estimar a idade de alguns eventos relativos a flutuações climáticas quaternárias nas regiões sul e sudeste do Brasil, reconhecendo o caráter oscilatório do clima em face aos períodos glaciais e interglaciais. Sobre isso, Thomas (2002) chama a atenção para a conveniência em se lançar mão de métodos baseados na termoluminescência para a datação de materiais.

Foram identificadas em vasta gama de pesquisas que versaram pela temática das glaciações quaternárias quatro grandes épocas glaciais para o Pleistoceno da América do Sul, designadas por Günz, Mindel, Riss e Würm, cada uma delas responsáveis por significativas flutuações no nível marinho. A Figura 7.1, de propriedade de Leinz (1987), mostra os períodos de ocorrência das fases glaciais mencionadas e seus respectivos interglaciais, acompanhados das flutuações no nível do mar correlatas. O avanço dos estudos nessa temática resultou, com a aplicação crescente de recursos tecnológicos nas análises paleoclimáticas, em novas interpretações que reconhecem outras manifestações glaciais no Pleistoceno.

O último período glacial, designado por Würm, é desmembrado em quatro estágios distribuídos no Pleistoceno terminal, a saber: Würm IV (22.000 a 13.000 anos A. P.); Würm III (40.000 a 26.000 anos A. P.); Würm II (62.000 a 46.000 anos A. P.); Würm I (85.000 a 70.000 anos A. P.). Todos os subperíodos da glaciação Würm são separados por interglaciais de curta duração. Entre 6000 e 5500 anos A. P., a retomada do ótimo climático possibilitou a

(re) tropicalização do território Sul-Americano e a transgressão marinha pelo derretimento das geleiras (Transgressão Santos), que corresponde à Transgressão Flandriana no hemisfério norte. Para o último glacial, Strahler (2004) assinala que o gelo assumiu extensão máxima a cerca de 18.000 anos, época que o nível médio dos mares no hemisfério boreal situava-se entre 60 e 80 metros abaixo daquele verificado na atualidade.

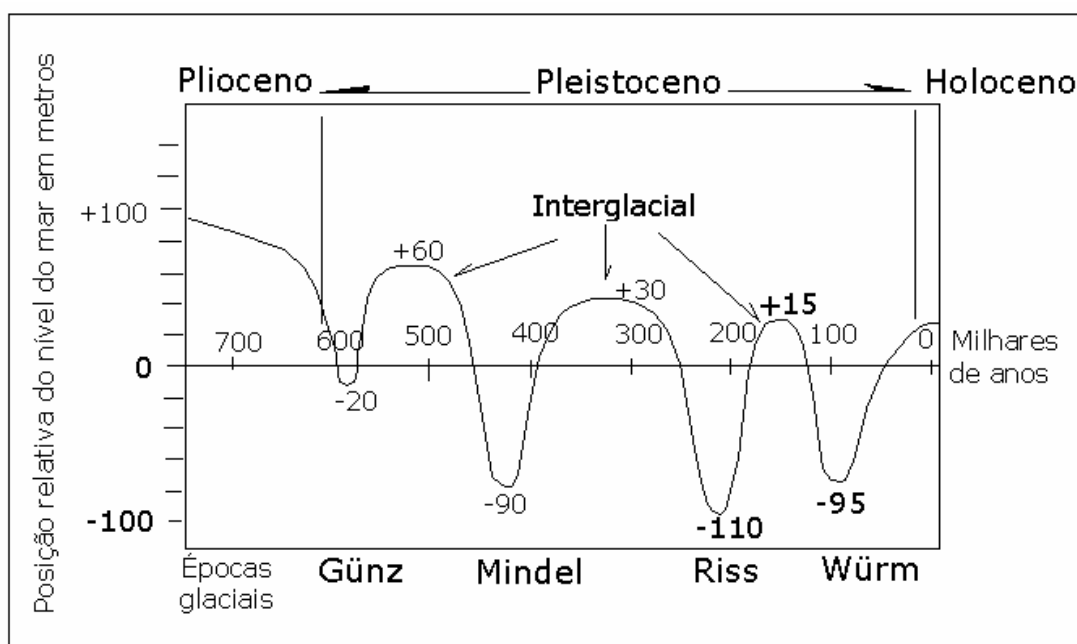


Figura 7.1. Flutuações do nível do mar durante o Pleistoceno (Leinz, 1987).

mamutes e mastodontes, proboscídeos que eram capazes de atender às necessidades alimentares de um grupo inteiro. A esta época a intervenção humana na biosfera já contribuía na diminuição populacional de uma série de espécies, implacavelmente caçadas por nossos ancestrais.

A coexistência entre humanos e animais extintos na passagem do Pleistoceno para o Holoceno na América do Sul foi considerada por diversos autores, como as expostas por Palitis & Gutiérrez (1998) para os pampas argentinos. As opiniões divergem no que se refere ao papel do gênero *Homo* na extinção da megafauna pleistocênica, colocando parte da comunidade científica no grupo de pesquisadores que consideram papel efetivo do Homem caçador-coletor no declínio e desaparecimento de uma série de populações em embate com aqueles que atribuem à dimensão antropogênia um papel secundário, conforme lembrado por Garcia (1999) que descreve a ocorrência de ossos de camelídeos, megatérios e mastodontes associados a ferramentas líticas e com sinais de sevícias atribuídas aos grupos humanos que viveram nos Andes Centrais da Argentina e do Chile.

Tendencialmente correlaciona-se à glaciação Würm IV a transposição do homem pré-histórico da Ásia para a América do Sul, aproveitando a ligação de gelo então existente no Estreito de Bering por ocasião do avanço das calotas polares.

Os períodos glaciais e interglaciais são registrados por mudanças climáticas que refletem em variações no volume de água no estado líquido armazenado nos oceanos e no sistema de circulação oceânica. Dessa maneira, nos períodos glaciais, um maior volume d'água fica enceleirada no estado sólido, determinando o avanço das calotas polares para as latitudes mais baixas, o que é seguido de conseqüente regressão marinha. Após o pico glacial, com a retomada da umidade, a fusão das calotas de gelo devolve grande volume d'água para o ciclo hidrológico global no estado líquido, desencadeando um processo de transgressão marinha por compensação eustática (eustasia).

Segundo Leinz & Leonardos (1971), o termo eustasia se refere a uma variação do nível do mar causada por motivos diversos, independentes de movimentos tectônicos, podendo ser de natureza positiva (ascensão do nível marinho em função, por exemplo, do aumento do volume total dos mares devido ao degelo em grande escala ou acúmulo de sedimentos marinhos) ou negativa (abaixamento do nível do mar provocado, por exemplo, pela retenção de água sob a forma de gelo continental, causando regressões no nível marinho).

Níveis mais elevados dos oceanos durante o Quaternário são verificados em vastas áreas do planeta e do litoral brasileiro, e podem ser aferidos de maneira incontestada com base em sedimentos marinhos devidamente datados que atualmente são encontrados acima do nível

do mar, e também por meio de evidências biológicas (traços deixados por organismos que vivem em ambiente marinho) e pré-históricas (sambaquis construídos por paleoíndios nas faixas costeiras) (Foto 7.1). Tricart (1959), em trabalho precursor, avaliou os efeitos das oscilações climáticas no litoral brasileiro, bem como em outras áreas do sudeste e do nordeste do Brasil. Suguio & Tessler (1992) reconhecem paleoníveis marinhos mais altos que o atual anteriores a 120.000 anos A. P. - registrando os interglaciais Yarmouthiano (Mindel/Riss) e Aftoniano (Günz/Mindel) - paleoníveis cronocorrelatos a 120.000 anos, correspondendo à Transgressão Cananéia no litoral paulista (aproximadamente 8 metros acima do nível atual), além de paleoníveis holocênicos, conhecidos como Transgressão Santos.



Foto 7.1. Depósito de conchas (sambaquis) feitos por obras de paleoíndios indicando as oscilações no nível marinho durante o último glacial. (Cananéia, 2004).

7.1.2. Causas das glaciações

Uma série de teorias, de maior ou menor aceitação, tenta explicar o fenômeno da glaciação, lançando mão de argumentos geográficos, geofísicos, astronômicos e cósmicos (LEINZ, 1987).

As causas das variações paleoclimáticas são de natureza extremamente complexa, resultando da interação de fenômenos astronômicos, geofísicos e geológicos, inexistindo

assim uma única causa responsável por tais fenômenos, mas sim a interação de diversos fatores atuando em diferentes escalas têmporo-espaciais (SUGUIO, 1999).

Bigarella (1994) pondera que o clima da Terra, na escala do tempo geológico, tem sofrido significativas mudanças de natureza cíclica comandadas por variações seculares nas taxas de radiação recebidas em função da própria mecânica celeste, variações estas que modificam a órbita do planeta ao redor do Sol e a orientação do seu eixo de rotação em relação a um plano de referência fixo. Tais variações se devem a perturbações gravitacionais inerentes ao sistema planetário, que interferem nos seguintes parâmetros: excentricidade da órbita, longitude do periélio e obliquidade da eclíptica.

As variações nos elementos supracitados tem sido consideradas como responsáveis por importantes modificações climáticas ao longo do Quaternário em função de modificações nas taxas de insolação. As respectivas taxas de variação de tais parâmetros no tempo e no espaço seguem enumeradas, segundo Bernard (1967 *apud* Bigarella 1994).

Excentricidade da órbita – Apresenta periodicidade mal definida de cerca de 95.000 anos, sendo que os valores deste elemento variam conforme a aproximação ou afastamento do Sol do centro da elipse.

Obliquidade da eclíptica – Varia entre 21,8° e 24,4°, em períodos dominantes de 40.900 anos de duração e períodos secundários, cuja duração é de 39.500 anos. O plano que contém o ângulo em questão gira no espaço segundo o sentido horário, tal como os equinócios e solstícios.

Longitude do periélio – Se refere ao ângulo entre o equinócio de outono e o periélio (ponto de menor afastamento da Terra em seu movimento de translação ao redor do Sol), assumindo, no hemisfério norte, valor de 90° quando o periélio coincide com o solstício de inverno e de 270° quando coincide com o solstício de verão. As flutuações da longitude do periélio variam entre períodos de 13.500 a 29.000 anos, assumindo uma média de 20.600 anos.

As glaciações estão ligadas a períodos de maior excentricidade da órbita e menor excentricidade da eclíptica, marcados por invernos longos no hemisfério norte, nos quais a longitude do periélio corresponde a 270°, o que, teoricamente, implicaria numa alternância nos períodos glaciais em cada hemisfério a cada 20.000 anos, hipótese esta que não goza de evidências seguras, ainda que certas glaciações sejam síncronas nos dois hemisférios

(BERNARD, 1967 *apud* BIGARELLA, 1994). Nos interglaciais, ao contrário, a obliquidade da eclíptica atinge valores máximos, o que repercute numa maior evaporação em consequência da temperatura mais elevada dos oceanos, catalisando o ciclo hidrológico global (continente-oceano) e local.

Bell & Walker (1992) também recorrem à teoria astronômica para explicar as mudanças climáticas de longa duração, conjugando como fatores fundamentais a precessão dos equinócios, a obliquidade da eclíptica e a excentricidade da órbita, o que pode ser evidenciado através da análise de depósitos glaciais em ambiente de clima úmido, depósitos de fundo do mar – acumulados de forma lenta e ininterrupta ao longo do Quaternário – observações de *stone lines* e cascalheiras exumadas, efetuação de análise polínica para compreender antigas linhas de cobertura vegetal, entre outros fatores.

É sabido que as flutuações na excentricidade da órbita terrestre repercutem em variações na recepção de energia solar pela Terra: a distância do Sol a partir do centro da órbita eclíptica controla a distância da Terra ao Sol em diferentes épocas do ano e a duração das quatro estações; assim, quanto menor a excentricidade da órbita, menor a diferença na duração das estações do ano, sendo o inverso também verdadeiro (AYOADE, 1986).

O mesmo autor prossegue esclarecendo que no periélio a recepção de energia solar é cerca de 6% maior que no afélio, e que, diante da periodicidade de oscilação da excentricidade da órbita terrestre, durante 50.000 anos, a Terra estará mais próxima do Sol em sua órbita no mês de julho, e não em janeiro, como se verifica atualmente, o que significa que os verões no hemisfério norte podem se tornar mais quentes e os invernos mais frios durante os próximos 50.000 anos.

Atualmente, a obliquidade da eclíptica é da ordem de 23,5°, ângulo de inclinação da Terra em sua órbita em torno do Sol que resulta no regime sazonal vigente. Uma diminuição no referido ângulo desencadearia uma diminuição das diferenças entre as estações e um aumento das distinções entre as zonas climáticas, sendo o mecanismo inverso igualmente válido: um aumento no ângulo de obliquidade causaria diferenças sazonais marcantes com menor distinção entre as zonas geográficas (GATES, 1972 *apud* AYOADE, 1986).

Os fatores astronômicos são bastante plausíveis para explicar as causas das mudanças climáticas que se deram ao longo do Quaternário. Deve-se ressaltar, entretanto, que mudanças e variações no clima se processam em diferentes escalas temporais, o que pode exigir a recorrência a outras causas, distintas das que foram apresentadas, como a tectônica de placas e o conseqüente rearranjo na conformação topográfica da Terra e na distribuição das superfícies continentais e oceânicas, e ainda, como aceitam vários autores, causas de ordem

antropogênica, cada vez mais insinuadas para explicar, pelo menos em tempos contemporâneos, alterações climáticas globais. Debates recentes na comunidade científica vem colocando em tela a possibilidade de que as alterações climáticas proferidas pelo Homem correspondam a fenômenos bem mais antigos que o surto de emissão de poluentes e gases estufa que se instalou com a Revolução Industrial; o início real de tal processo poderia remeter a 5.000 anos, com o advento e disseminação da agricultura irrigada e queima deliberada de biomassa para viabilizar o funcionamento dos primeiros centros urbanos que se formaram quando a maioria dos grupos humanos se sedentarizou.

Strahler (2004) põe ênfase no papel de fatores geológicos na explicação dos ciclos glaciais que se instalam, claramente documentados no começo e no final da Era Paleozóica e que reaparecem no Pleistoceno. Considera a tectônica de placas, responsável pelo posicionamento de massas continentais na região polar, como mecanismo geológico mais preponderante para o surgimento de uma era glacial, listando também a retirada dos mares rasos das áreas cratônicas por movimentos epirogenéticos positivos e períodos de intensa atividade vulcânica global, cujo lançamento deliberado de partículas na atmosfera teria reduzido a intensidade de energia solar na superfície.

As causas dos fenômenos glaciais constituem problema de difícil solução, e colca em debate as teorias astronômicas, de ampla aceitação, com hipóteses geológicas que cada vez mais demonstram coerência de interpretação e resultados plausíveis.

7.2. Conseqüências das glaciações

7.2.1. Conseqüências climáticas

É tido que durante os períodos glaciais do Quaternário, em grande parte das regiões tropicais e subtropicais, instalou-se uma modificação sensível na pluviosidade e na distribuição das chuvas, alojando-se assim condições de semi-aridez e até mesmo de aridez. Tais mudanças nas condições climáticas influíram na distribuição das massas de ar e no sistema dos ventos, afetando, em conseqüência, o regime da temperatura global em função da transferência de calor através das correntes marinhas e aéreas (BIGARELLA, 1994).

Viadana (2002) reconhece, para o último período glacial, uma ação mais vigorosa da corrente das Malvinas em direção a latitudes mais baixas, na altura dos atuais estados do Espírito Santo e Bahia, dificultando a penetração de massas de ar úmido para o interior do

continente. O autor esclarece que, por efeito da expansão de climas mais secos e frios, extensas áreas dos planaltos interiores do Brasil tropical estiveram submetidas a um tipo climático semelhante ao que vigora atualmente no sertão nordestino.

Bigarella (1994) completa a idéia argumentando que o avanço das geleiras pleistocênicas, associado a uma diminuição na temperatura do ar e do mar, causou uma redução das precipitações em regiões de climas tropicais e subtropicais, convertendo climas anteriormente úmidos em áridos e semi-áridos. A redução das precipitações sobre o Brasil se deu em função da diminuição da radiação solar acompanhada da conseqüente queda na temperatura oceânica e deslocamento para o norte do anticiclone do Atlântico Sul, o que reduziu a evaporação no cinturão dos ventos alísios. Embora os efeitos no regime pluviométrico engendrados pelo último evento glacial não sejam, na opinião de Bloon (1978), muito claros, o autor também entende que as chuvas, juntamente com a temperatura e com as taxas de evaporação, estiveram reduzidas nesses períodos.

As correntes frias climaticamente ativas durante o último período glacial, muito mais largas e consideravelmente afastadas de seu eixo atual, atingiam com vigor a costa sul do Brasil e parte considerável da porção sudeste e oriental, sendo a ocasião de sua retração situada entre 8.000 e 10.000 anos, aproximadamente (AB'SÁBER, 1977).

Nas terras baixas amazônicas os climas teriam sido similares àqueles que predominam nos planaltos interiores de São Paulo e sul do Mato Grosso, e, se não houve maior refrigério no espaço amazônico durante o Pleistoceno Superior, foi em função da atuação de climas sazonais muito rústicos com estreitamento da faixa úmida e quente equatorial e amplitudes térmicas significativamente mais elevadas que as atuais, incluindo inverno seco mais luminoso que, muito provavelmente, compensava a diminuição forçada dos índices térmicos vinculada à ação global do período glaciário (AB'SÁBER, 1979).

Ab'Sáber (1977) dá crédito a Damuth & Fairbridge como os primeiros autores a proferirem, no ano de 1970, um estudo integrado sobre os paleoclimas do Quaternário, bem como a respeito dos sistemas motores da aridez pene-contemporânea aos períodos glaciais e níveis marinhos quaternários mais baixos na América do Sul. A esquematização comparativa levada a efeito por estes estudiosos colocam lado a lado a situação climática atual e aquela vigente durante a última glaciação pleistocênica.

Harris e Fairbridge (1967) *apud* Bigarella (1994) sistematizaram uma seqüência de variação dos tipos climáticos, em quatro fases, desde um evento glacial principal até os dias atuais:

1. Fase glacial “inicial” e “principal” - Caracterizadas por climas mais áridos e menos frios, a faixa climática tropical árida se estendia por significativas extensões do continente sul-americano, ao passo que a faixa árida mesotermal encontrava-se situada junto às geleiras e a área tropical úmida se encolheu em uma pequena porção localizada no noroeste da América do Sul e em alguns núcleos na região equatorial. Os climas mesotérmicos úmidos apareciam com afinco ao sul da faixa tropical úmida e a leste dos Andes equatoriais.

2. Fase glacial tardia – Vigoraram climas frios e mais úmidos, com o cinturão tropical árido estendendo-se da costa pacífica à costa atlântica, o clima mesotérmico árido restrito a reduzida área no sul do continente e expansão do clima mesotérmico úmido concomitante à restrição da região tropical úmida à pequeno setor do noroeste da América do Sul e ilhas situadas na zona equatorial.

3. Fase interglacial úmida – Marcada por temperaturas entre 2° e 5° mais elevadas e por imposição da região tropical úmida sobre mais da metade do continente sul-americano (inclusive a região nordeste), conjugada a pequena expansão da faixa mesotérmica. Os climas áridos recuaram para uma delgada faixa junto à costa andina e para pequena faixa no sul da Patagônia.

4. Fase interglacial atual – Mais seca que a anterior, assiste a uma expansão da região tropical árida do nordeste brasileiro (polígono das secas) e do oeste do continente sul-americano.

7.2.2. Conseqüências na distribuição da cobertura vegetal

A alternância entre climas úmidos e tipos climáticos tendendo à aridificação influenciou diretamente nos esquemas distributivos dos mosaicos vegetacionais do Brasil, com expansão de fisionomias abertas de caráter xerofítico e retração das formações florestais durante os períodos glaciais seguidas de (re)expansão das florestas por ocasião das fases interglaciais.

Christofolletti (1968) assevera que, quando da instalação das fases secas, a vegetação é o primeiro componente da paisagem a sofrer influências, o que é expresso pela substituição da floresta por vegetação aberta. Sobre isso, Charles Darwin em sua obra “A Origem das

Espécies” já trazia especulações: “as alterações geográficas e climatéricas que com certeza se efetuaram desde as épocas geológicas recentes devem ter rompido a continuidade da distribuição primitiva de muitas espécies” (DARWIN, 1985, p. 349). O formulador da Teoria da Evolução das Espécies e da Seleção Natural avaliou o quadro florístico da Europa em sua faixa temperada, provavelmente ocupada por espécies árticas durante a última fase glacial, conforme está registrado na seguinte passagem:

“À medida que o frio aumenta, as zonas mais meridionais tornam-se mais propícias para receber habitantes do Norte; estes dirigem-se para o sul e substituem as formas das regiões temperadas que lá se encontravam. Estas últimas, por seu turno e pelo mesmo motivo, descem cada vez mais para o Sul, salvo se forem obstadas por algum obstáculo, quando então morrem. Cobrindo-se as montanhas de neve e de gelo, as formas alpinas descem para as planícies e, quando o frio tiver atingido o máximo, uma flora e uma fauna árticas ocuparão toda a Europa Central até os Alpes e Pireneus, alastrando-se mesmo até a Espanha” (DARWIN, p. 358).

A respeito da distribuição espacial da cobertura vegetal durante as fases glaciais, Ab’Sáber (1977, p. 02) argumenta da seguinte maneira:

“do Plioceno Superior para o Pleistoceno após a fase principal de soerguimento dos Andes – alternaram-se quadros de distribuição de solos e floras, a períodos relativamente curtos de tempo geológico, baseados nas bruscas mudanças dos mosaicos climáticos e ecológicos. Desta forma, no mesmo espaço global do continente americano do Sul, e através da atuação dinâmica dos mesmos “stocks” globais de vegetação, sucederam-se clichês complexos de distribuição de coberturas vegetais, diretamente associadas a condições ambientais úmidas e quentes nas fases interglaciais e, mais secas e relativamente frias, nas fases glaciais”.

As modificações do clima em larga escala trouxeram a reboque alterações no quadro paisagístico, tanto no tocante aos processos morfogenéticos atuantes como no que se refere aos esquemas distributivos da cobertura vegetal e da fauna. Bigarella (1994) assevera que a redução da radiação solar durante os períodos glaciais provocou um abaixamento da temperatura média oceânica – acompanhado de um deslocamento para o norte do anticiclone do Atlântico Sul – reduzindo assim a evaporação no cinturão dos ventos alísios, o que provocou uma diminuição nas taxas de precipitação sobre o Brasil e, conseqüentemente, levou a efeito mudanças sistemáticas nos padrões de vegetação. Foi dessa maneira que as áreas anteriormente cobertas por florestas deram lugar à instalação da vegetação aberta.

Conforme especula Bigarella (1964), nas épocas semi-áridas as florestas deixaram de ocorrer na maior parte do território brasileiro, restringindo-se a áreas submetidas a condições ambientais especiais que permitiram sua sobrevivência.

Ab'Sáber (1977) esclarece que as formações vegetais abertas de diferentes tipos predominaram, por ocasião das épocas glaciais, sobre as grandes massas florestais por praticamente toda a América do Sul. Tomando como munição as colocações do referido autor na comunicação supracitada, sintetizamos a provável distribuição espacial dos diferentes biomas durante o último período glacial (Würm IV-Wisconsin Superior).

Caatinga – Penetrou por vários compartimentos interiores dos atuais planaltos intertropicais brasileiros atualmente ocupados por matas e cerrados. O referido bioma avançou sobre as depressões periféricas e interplanálticas (depressões entre os chapadões do Urucuia e o planalto central de Goiás, áreas deprimidas ao norte de Brasília e Anápolis, pediplano cuiabano, pediplano do alto Araguaia), depressões interplanálticas e intermontanas da Bahia e Minas Gerais e setores do estado de São Paulo (trechos da depressão periférica e sul do estado e parte da porção meridional do Planalto Ocidental Paulista).

Cerrado – Ocupou amplas áreas da Amazônia Oriental e Central, pequenos núcleos na região Centro Oeste (então ocupada pelas caatingas) e a maior parte do Planalto Ocidental Paulista.

Mata de araucárias – Expandiu-se da porção meridional do território brasileiro em direção ao sudeste acompanhando os terrenos elevadiços do Brasil Oriental ao longo de espigões e serranias dotados de cimeiras sub-úmidas e úmidas, como a Serra de Paranapiacaba, o Planalto de Campos do Jordão, a Serra da Bocaina, terrenos elevados do Centro-Sul de Minas e Espinhaço Meridional. Ab'Sáber (1958) se posiciona a favor da interpretação da ocorrência de araucárias nas terras altas do Brasil de Sudeste em função das modificações no clima.

Pradarias mistas – Ocupou latitudes mais baixas na borda sul do Planalto Brasileiro, ao passo que formas de vegetação xerófitas, sub-xerófitas e subtropicais do norte e noroeste argentino avançaram rumo ao interior das depressões centrais sul-americanas e alguns setores do Brasil centro-ocidental. A maior parte das coxilhas do Uruguai e do Rio Grande do Sul estiveram sob a ação de climas secos, dando aporte à cactáceas e com ausência de florestas galerias.

Formações florestais – Às matas latifoliadas restaram os ditos ambientes de refúgio, locais mais contemplados pela umidade, seguindo o alongamento de grandes rios ou se dispondo de

maneira descontínua nas escarpas da Serra do Mar entre os estados de São Paulo e Espírito Santo.

Reforçando as linhas mais gerais dos padrões distributivos da vegetação brasileira no Pleistoceno tardio, Ab'Sáber (1977) chama a atenção para a complexidade intrínseca à biogeografia que marcava o último período glacial, salientando que, do Brasil Central em direção à Amazônia Central, o que existia, muito provavelmente, era um esquema de faixas que tinha início com a predominância de cerrados, sucedida por uma faixa marcada pela ocorrência de caatingas com uma nova recorrência aos cerrados.

A respeito da discussão em vigor, Viadana (2002) postula que a área core do cerrado esteve em vários momentos do Quaternário bastante reduzida, sendo que em sua extremidade meridional medravam formações vegetais abertas, do tipo estepes, pradarias mistas e manchas de menor densidade de araucárias. Em estudos realizados no estado de São Paulo (VIADANA, 2001; 2002), o autor identificou vasta ocorrência de cerrados entre 13.000 e 18.000 anos na maior parte do Planalto Ocidental, ocupando ainda trecho da Depressão Periférica Paulista e do Vale do Paraíba do Sul, próximo a São José dos Campos. No mais, as caatingas penetravam a depressão, o Vale do Ribeira e parte do sul e do extremo sudoeste do estado, ao longo do rio Paranapanema em direção ao seu pontal, com refúgios de mata na região das cuestas basálticas, Serra de Paranapiacaba e Serra do Mar.

No nordeste brasileiro as mudanças climáticas comportaram uma relativa fixidez das zonas morfoclimáticas, salvo pequenas modificações, sugerindo para a referida região condições de semi-aridez bastante antigas, reforçando a capacidade adaptativa das caatingas (TRICART, 1959).

7.2.3. Consequências morfopedológicas

Os padrões vegetacionais, comandados por formações abertas, que ocuparam grandes espaços da América do Sul por efeito das glaciações, expuseram o solo, nesses períodos, a uma ação mais efetiva das chuvas que, embora tenham diminuído em suas taxas absolutas, tiveram sua erosividade aumentada por conta de uma menor eficiência na interceptação das gotas pela vegetação.

Com a ausência de uma cobertura vegetal densa, os efeitos erosivos eram mais severos, tanto a erosão laminar como a erosão concentrada em ravinas, uma vez que o

escoamento superficial se tornou mais poderoso no contexto da dinâmica paisagística. A aridificação do clima e sua morfogênese correlata conduziram a paisagem a uma situação de resistasia em substituição da biostasia vigente em condições de clima úmido, conforme a proposição de Erhart (1966), na qual a morfogênese mecânica imperou sobre a alteração química das rochas e aos processos pedogenéticos. A referida proposição, denominada por Teoria Bio-Resistásica, focaliza a importância da cobertura vegetal na evolução geológica e geoquímica da biosfera, mostrando que, quando a superfície encontra-se povoada por uma cobertura vegetal incapaz de exercer proteção ao solo, os efeitos erosivos costumam se dar de forma vigorosa e turbulenta e as conseqüências sedimentológicas serem variáveis conforme o tipo de solo. Argilas, areias, produtos ferruginosos e bauxíticos e outros elementos residuais da pedogênese florestal que se acumulam nos períodos de “clímax” (biostasia) são retirados e transportados com o desaparecimento da floresta devido à ruptura no equilíbrio climático e biológico (resistasia).

A biostasia depende de um equilíbrio biológico associado a florestas tropicais, que permite o aprofundamento do perfil de alteração e limita a denudação em taxas baixas de transferência de material, principalmente em solução. A resistasia representa a ruptura do equilíbrio, por causas tectônicas ou climáticas, ocorrendo a remoção do material detrítico junto com os produtos de alteração química (THOMAS, 1994).

Tricart (1977) considera mais apropriado o emprego do termo fitoestasia, argumentando que é a biomassa vegetal que, de fato, responde pelo equilíbrio do meio, ao passo que os organismos animais que vivem no solo comumente causam o revolvimento e desagregação dos constituintes formadores do manto pedológico, o que pode ser fator negativo para a estabilidade.

Durante o Pleistoceno dois conjuntos de processos morfogenéticos operaram alternadamente na evolução da paisagem: a degradação lateral das encostas processada em clima semi-árido (glacial) e a dissecação em clima úmido. A mudança para um clima mais seco repercutiu no predomínio de processos erosivos mais ativos com conseqüente denudação das vertentes, que tem assim sua evolução acelerada, com maior transporte de massa; o espesso regolito proveniente da alteração química das rochas, ao ser removido rapidamente das encostas, expõe a estrutura a uma nova ordem de processos de intemperismo, acentuando-se assim a desagregação mecânica. Bigarella *et al.* (1994, p.84) fazem o seguinte esclarecimento:

“A variação climática para o seco poderia resultar numa fase de clima semi-árido longa, ou apenas numa curta flutuação em direção à aridez,

ainda dentro da fase climática úmida. No primeiro caso, o mecanismo de evolução da encosta mudaria radicalmente, com o estabelecimento de processos de degradação lateral. No segundo caso, ter-se-ia um mecanismo principalmente relacionado à remoção do regolito decomposto, sem grande ocorrência de morfogênese mecânica. Na transição para um clima mais seco verifica-se um aumento da velocidade de remoção do manto alterado das encostas, principalmente pelo escoamento superficial e pelos movimentos de massa”.

As mudanças nos sistemas morfogenéticos trazidas pelas oscilações climáticas do Quaternário no sudeste brasileiro nos moldes apresentados também foram reconhecidas por Bloon (1978), que entende a alternância entre épocas em que predomina o intemperismo mecânico e transporte de material grosseiro e mal selecionado pelos canais fluviais e períodos úmidos caracterizados pelo processo de incisão dos vales.

O predomínio do intemperismo físico sobre o ataque químico é responsável pela imputação de sedimentos clásticos no sistema, sendo estes formados, predominantemente, por seixos e calhaus, e que indica, quase sempre, um baixo retrabalhamento pela água, depositando-se na forma de (paleo) pavimentos detríticos ou linhas-de-pedra (*stone lines*). De acordo com Bigarella *et al.* (1994), as linhas-de-pedra correspondem a paleopavimentos detríticos rudáceos encontrados em subsuperfície seguindo, grosso modo, a morfologia das vertentes, sendo constituídos, sobretudo, por quartzos e quartzitos ou, em menor medida, por fenoclastos de rochas alteradas (xistos, granitos, migmatitos e outras), ou ainda, quando em ambientes sedimentares, por sílex, siltitos e arenitos, da maneira que foi constatado por Penteado (1969) na Depressão Periférica Paulista (região de Rio Claro/Ipeúna), onde fragmentos de diabásio também partilham da composição dos depósitos. Encontram quase sempre dentro do manto coluvial em profundidades variáveis, podendo estar localizados próximos à superfície ou aflorarem por erosão da camada superficial do solo.

Clapperton (1993) destaca a relevância da avaliação de coberturas detríticas, *stone lines* e *rampas de colúvio* para discussões a respeito da evolução da paisagem ao longo do período Quaternário, que foi comandada por diferentes regimes climáticos.

Em relação à passagem do clima semi-árido para o úmido, Bigarella (1994, p. 84) coloca que:

“A mudança climática para as condições úmidas favorece o desenvolvimento dos solos, sobre os quais se estabelece novo tipo de vegetação. A associação vegetal semi-árida é progressivamente substituída pela floresta. A alteração química das rochas atinge maior profundidade e a porção superficial do terreno fica mais protegida contra a ação do escoamento superficial. Os movimentos de massa tornam-se mais efetivos, nos locais de alta pluviosidade e de declividade acentuada”.

Alguns autores advertem para a ocorrência de outros processos operantes na evolução morfológica quaternária com significados diferentes dos formulados pelos esquemas clássicos de interpretação.

Moura & Meis (1980) chamam a atenção para a insuficiência dos indicadores paleoambientais convencionais no estabelecimento de relações cronoestratigráficas, uma vez que algumas cascalheiras podem representar depósitos aluviais mais antigos retrabalhados, o que relativiza seu significado estratigráfico. Quanto a isso, Meis *et al.* (1981) asseveram que as linhas de seixos muito embora se relacionem, em alguns casos, a testemunhos de paleopavimentos ligados a pedimentos embrionários, também pode documentar variações paleohidrológicas de menor amplitude ou simples variações no regime hidrológico. Além disso, a descontinuidade geográfica dos depósitos quaternários dificulta a interpretação das fases sucessivas de erosão e sedimentação com base unicamente nos critérios convencionais de análise morfológica (MOURA & MELLO, 1991).

CAPÍTULO 8

8. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO PALEOCLIMÁTICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO DO BRASIL SUDESTE

8.1. Primeiras considerações

A evolução morfológica do Brasil Sudeste durante o Quaternário, pelo menos em parte, se deve, conforme vêm sendo discutido, às oscilações climáticas derivadas da alternância entre períodos glaciais e épocas interglaciais e seus respectivos regimes morfogenéticos dominantes.

As evidências paleoclimáticas de evolução do relevo em São Thomé das Letras são bastante representativas do padrão evolutivo das paisagens dos terrenos cristalinos do Brasil de Sudeste em face às sucessivas variações climáticas pleistocênicas: depósitos rudáceos, depósitos de rampa, formação de alvéolos com alargamento de planícies aluviais, colmatação de várzeas e outros indicativos importantes. Diante disso, foram elencados quatro aspectos considerados importantes para o entendimento da evolução morfológica comandada por diferentes sistemas climáticos na área em questão.

Em primeiro plano são apresentados e discutidos alguns processos recentes de pedimentação e evolução de encostas, seguidos de considerações sobre os indicadores fitogeográficos verificados e que podem estar relacionados a outras fases climáticas que possibilitaram a instalação da cobertura vegetal em questão. Também foi considerada a evolução do relevo regida por processos desencadeados em estrutura dobrada que resultaram na tipicidade apalachiana verificada para a geomorfologia local. Por último, foi dado trato aos processos de carstificação que registram a dinâmica paisagística em alguns setores, e que se mostraram de grande relevância para o estudo do Quaternário.

Os quatro parâmetros analisados de maneira conjugada, que não descartam os mecanismos endógenos de elaboração do relevo, levam a uma reconstituição plausível de elementos que atuaram na evolução paisagística quaternária.

8.2. Processos recentes de pedimentação

Os níveis pedimentares observados dentro dos limites territoriais de São Thomé das Letras refletem o mecanismo de evolução das vertentes em situações de clima úmido com desenvolvimento de manto de intemperismo e também sob condições de clima mais seco durante a fase glacial, a qual se atribui responsabilidade pela gênese dos depósitos detríticos.

Entre a serra de São Tomé e o sistema serrano Cantagalo-Sobradinho verifica-se a presença de terraços pedimentares embutidos, sendo mais alargado aquele que se localiza na extremidade meridional da área, na passagem da bacia do Rio Verde para a do Rio Grande, e cuja drenagem mestra é o ribeirão do Lavarejo, que avança para o município de Luminárias, onde o terraço é menos desenvolvido, até tributar o rio Ingaí pela margem esquerda, este apresentando significativos depósitos aluviais e meandros abandonados. Silva *et al.* (2004) enumeram uma série de trabalhos referentes a datações por radiocarbono em terraços localizados no sudeste brasileiro cujos resultados evidenciam mudanças climáticas no final do Pleistoceno.

Tais terraços constituem superfícies planas a suavemente inclinadas que se conectam em ângulos bastante suaves com a drenagem central e estabelece contatos abruptos e bem marcados por rupturas de declive (*knick*) com as cristas monoclinais que os confinam.

Os terraços em questão apresentam paleopavimentos detríticos rudáceos (linhas-de-pedra) denunciando a atuação de morfogênese mecânica em climas mais secos que o atual (Foto 8.1). A ocorrência desse tipo de depósito, é sabido, denuncia a atuação de sistemas morfogenéticos com importante componente mecânico (TRICART, 1959).

Foram descritos três paleopavimentos nos terraços, cada um deles apresentando depósitos com características específicas. Um dos depósitos foi identificado na bacia do córrego Cantagalo e os outros dois na bacia do ribeirão Lavarejo, sendo os três classificados segundo o arredondamento das partículas, parâmetro que Mendes (1984) delimita conforme o grau de agudeza ou curvatura dos cantos e arestas dos materiais, estando dependente da intensidade de abrasão sofrida e da natureza da partícula, podendo ser distinguidos segundo cinco categorias: angular, subangular, subarredondado, arredondado e bem arredondado.

O paleopavimento localizado na bacia do córrego Cantagalo possui espessura média de 30 cm, com manto de inumação composto por Argissolo Vermelho Amarelo de 70 cm de espessura, sendo o ponto onde foi feita a coleta do material dado pelas coordenadas 21° 42' 05" lat. S e 44° 56' 37" long. W.

No ponto em consideração foram coletadas e analisadas cerca de 39 amostras, compostas em sua maioria por grãos de quartzo e subsidiariamente por fragmentos de quartzito. Das amostras coletadas, 17% foram classificadas como angulares, 61% como subangulares, 17% como subarredondadas e 5% como arredondadas.

Os fragmentos angulares e subangulares somados representam cerca de 78% do total levantado, indicando que a vasta maioria dos materiais sofreu baixo retrabalhamento pela água, o que pode ser indicativo de morfogênese predominantemente mecânica processada em clima tendendo a semi-aridez, com desgaste físico das encostas e deposição de material clástico no terraço.

Quanto ao tamanho, os menores fragmentos possuem comprimento em torno de 1,3 cm e os maiores por volta de 6,3 cm, no que cabe à amostragem realizada. A média encontrada foi de 3,2 cm de comprimento, e os demais valores de tamanho se agrupam satisfatoriamente em torno da média, o que coloca em tela uma boa seleção das partículas.

O segundo ponto amostrado, localizado pelas coordenadas 21° 40' 59" lat. S e 44° 54' 56" long. W, na bacia do ribeirão Lavarejo, possui espessura variável, oscilando de 20 a 50 cm, estando disposto em horizonte B de Argissolo Vermelho Amarelo e inumado por horizonte A de 80 cm de espessura.

Este depósito é caracterizado por seu caráter mal-selecionado, configurando um conglomerado que apresenta partículas de diversos tamanhos, indicando a natureza torrencial responsável pelo seu transporte e deposição. Os fragmentos de maior tamanho são encontrados na base do depósito e sofrem, via de regra, granodecrescência em direção as partes superficiais, onde os grãos diminuem de tamanho. A quase totalidade do depósito é formada por fragmentos de quartzito.

Para este ponto foram coletadas 45 amostras, sendo que 11% foram tidas como angulares, 34% como subangulares, 47% como subarredondadas e 8% como arredondadas. As amostras angulares e subangulares, indicativas de baixo retrabalhamento pela água, e aquelas de caráter subarredondado a arredondado, encontram-se bastante equilibradas para este depósito no tocante à sua incidência. Sua ocorrência pode estar ligada a transporte em canais anastomosados posteriormente colmatados e regime torrencial ligados a fases climáticas mais secas sob outras condições hidrodinâmicas. Diferentemente do depósito anteriormente descrito, aqui é verificado a atuação provável de fluxos hídricos participando do processo de transporte e sedimentação, com possibilidade de retrabalhamentos sucessivos do material no tempo e no espaço.

No tocante ao baixo grau de seleção, verifica-se a presença de fragmentos com comprimento inferior a 2 cm, ao passo que outros atingem até 12 cm de comprimento, numa média calculada de 3,7 cm. A dispersão dos valores, para este caso, é bastante significativa, não havendo, em detrimento do depósito anteriormente descrito, um agrupamento marcante dos dados em torno da média, não sendo assim verificada uma tendência definidora para o tamanho dos fragmentos.

O terceiro depósito analisado, cuja coleta de material para análise foi feita no ponto localizado pelas coordenadas 21° 39' 58" lat. S e 44° 54' 59" long. W, também na bacia do ribeirão Lavarejo, encontra-se inumado por Latossolo Vermelho Amarelo interpretado como material retrabalhado.

A espessura deste paleopavimento chega a atingir valores máximos de 30 cm. Encontra-se inumado por depósitos coluviais cuja espessura gira em torno de 70 cm, atingindo 1 metro em alguns pontos. Em certos locais as linhas-de-pedra foram exumadas em função da retirada dos materiais de cobertura por erosão laminar ou manejo antrópico do solo para atividades agropecuárias.

Os materiais clásticos que compõem os paleopavimentos são formados, predominantemente, por grãos de quartzo e, subsidiariamente, por quartzito, com tamanho que varia de 1,9 a 6,2 cm de comprimento no que tange às amostras analisadas, generalizando-se um depósito de materiais grosseiros gravitacionais e/ou transportados por regimes torrenciais em aguaceiros, acusando as condições climáticas tendendo à aridificação que favorecem a ação mais eficiente do intemperismo físico, que suplanta a meteorização química das rochas em contextos morfoclimáticos desta estirpe. A média obtida para este depósito é de 3,2 cm de comprimento, com notório agrupamento dos valores em torno da média.

Os horizontes superficiais do solo em questão ficam, salvo nos setores em que a linha-de-pedra encontra-se exumada, acima dos paleopavimentos, sendo que o horizonte B também surge, com certa frequência, acima dos depósitos rudáceos. Viadana (2002) insinua que situações desse tipo atestam notável descarnamento do manto pedológico pela erosão laminar durante uma fase climática mais seca responsável pela gênese do chão pedregoso.

A paleotopografia que ficou marcada pela linha de pedra indica que o relevo, nesses ambientes deprimidos, era levemente mais ondulado que o atual, ainda que acompanhe a superfície inferior. A sedimentação holocênica sobrejacente, que também é correlativa ao recuo paralelo das vertentes adjacentes sob regime de transporte a curta distância, foi responsável pela elaboração de uma superfície mais plana que a antecessora. Tais depósitos se

deram com a retomada da umidade climática, que favorece o desenvolvimento dos solos e catalisa os movimentos de massa. Pentado (1970) ressalta que uma cobertura pedimentar acompanha, em geral, a superfície topográfica subjacente, por vezes preenchendo irregularidades no assoalho que podem corresponder a antigas ravinas.

Cerca de 34 amostras, neste caso, foram recolhidas para análise, com 12% classificadas como angulares, 51% como subangulares, 30% como subarredondadas e 7% como arredondadas. A maior parte dos fragmentos possui, conforme exposto, natureza angular ou subangular, o que é indicativo de baixo retrabalhamento pela água.

Os depósitos encontrados nos terraços em apreço, embutidos entre duas zonas locais de cisalhamento, são correlativos ao desgaste da Superfície Sul-Americana, que tem nos setores de cimeira seus remanescentes, e também da superfície intermediária registrada nos degraus inferiores.

Para estes terraços, a coluna estratigráfica quaternária, de maneira simplificada, é formada pela seguinte seqüência deposicional, da base para o topo:

- .Sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos pleistocênicos;
- .Sedimentos clásticos do Pleistoceno terminal (linhas de pedra);
- .Sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos holocênicos;
- .Sedimentos aluviais holocênicos.

Os depósitos argilo-arenosos e areno-argilosos pleistocênicos foram assim designados pela textura, e aparecem nas partes mais baixas. Possuem coloração vermelho-amarelada e estrutura em blocos angulares a subangulares. Os depósitos areno-argilosos e argilo-arenosos, por sua vez, encontram-se nas camadas mais superficiais, acima da linha de pedra, onde a textura mais áspera acusa predominância de areias derivadas da meteorização do quartzito em clima úmido. Também apresentam coloração vermelho-amarela e estrutura em blocos, e, tal como o primeiro pacote, tem distribuição marcante ao longo de todo o terraço.

Os depósitos aluviais são os mais recentes, e abrangem todos os sedimentos depositados pela drenagem sobre aqueles oriundos do recuo das vertentes. Sua distribuição é restrita às margens dos canais fluviais principais e a alguns anfiteatros, onde aparecem dispostos em pequenos depósitos de rampa.

Uma outra linha de pedra, de espessura delgada e também formada por grãos de quartzo foi verificada no setor oeste do município, e tem na serra de São Thomé sua área-fonte (Foto 8.2).

Diferentemente dos outros depósitos detríticos encontrados, cujo jazimento se dá em ambiente embasado por xistos, este ocorre em terrenos litologicamente compostos por paragnaisses, cuja decomposição comandada por processo de esfoliação esferoidal determina o desenvolvimento de relevo mais ondulado, com tendência para a convexização das formas. Assim, o paleopavimento marca uma paleotopografia mais aplainada, acusando uma possível atenuação no processo de mamelonização durante a fase glacial, processo este retomado com o restabelecimento das condições de clima úmido. Não se pode afirmar, entretanto, que tenha havido uma diminuição significativa ou congelamento da pedogênese latossólica.

Nos setores gnáissicos a oeste do município, a ocorrência de latossolos é bastante marcante, e, conseqüentemente, o manto de inumação dos paleopavimentos também é relativamente espesso, variando de 80 cm a 1 metro.

Em alguns setores do referido compartimento é possível observar em cortes uma seqüência bem definida de uma outra linha-de-pedras com espessura em torno de 25 cm e formada por seixos maiores e mais numerosos, estando inumada a 1 metro e 45 cm de profundidade e distando cerca de 62 cm do paleopavimento superior. Nas partes mais baixas o paleopavimento superior é exumado ou erodido, e a linha de pedra basal passa a aparecer mais próxima da superfície. Para este caso, os materiais também são predominantemente angulosos, indicando um baixo retrabalhamento pela água e um regime gravitacional de transporte ao longo das vertentes. Distribuem-se por todos os setores da vertente, aparecendo nas partes altas e descendo em direção aos fundos de vale.

Tal aferição permite entender, ainda que em conjectura, que os dois paleopavimentos são indicativos de duas mudanças climáticas sucessivas. O superior com idade provável situada no Pleistoceno terminal, com manto de alteração sobrejacente correspondendo ao Holoceno. O depósito rudáceo inferior, por seu turno, pode corresponder a uma época glacial predecessora (Riss?). Deve ser realçado, a esse respeito, que tal atribuição se vale de parâmetros relativos de interpretação, entendendo a natureza dos depósitos de maneira lógica, de acordo com as últimas manifestações climáticas conhecidas e com os sistemas morfogenéticos que operaram na dinâmica da paisagem.

No setor leste de São Thomé das Letras também foi verificada uma linha de pedra com espessura em torno de 6 cm composta por seixos arestados nas bordas, quase sempre grãos de quartzo e quartzito. O tamanho das unidades chega a ultrapassar 5 cm de comprimento, com seixos cujo tamanho situa-se na ordem de 8 cm de comprimento por 5 cm de largura. Encontra-se inumada por colúvio (Argissolo) com espessura aproximada de 90 cm, e trunca antigo paleossolo com 2 metros de espessura.

Também constitui processo recente de evolução do relevo ligados ao sistema de pedimentação local a formação de depósitos de tálus que ocorrem, sobretudo, na linha de falha principal da serra de São Thomé. O quartzito, disposto em acamamento plano-paralelo, tem como propriedade física uma alta susceptibilidade ao deslocamento, o que favorece a formação de tais depósitos que são preenchidos por materiais que se desprendem dos topos arestados e angulosos da serra, que fornece, inclusive, blocos de grande tamanho.

A área de ocorrência dos depósitos de tálus tem distribuição em setores íngremes. O fluxo gravitacional dos materiais componentes é inibido pela presença da cobertura vegetal, que limita seu transporte. A fisionomia da vegetação também é diferenciada nesses setores, apresentando espécies de árvores de menor tamanho e com aspecto retorcido. À medida que se dirige para as baixadas, o manto pedológico é mais desenvolvido e a mata adquire maior vigor, com indivíduos de considerável altura, troncos mais retilíneos, e significativo tamponamento do espaço aéreo pelo engalhamento que se dá no nível das copas.



Foto 8.1. Paleopavimento encontrado em ambiente de terraço.



Foto 8.2. Paleopavimento inumado por depósito latossolizado encontrado no setor oeste do município (2006).

8.3. A cobertura vegetal em face às mudanças climáticas do Quaternário

As modificações nos esquemas distributivos da vegetação pressupõem a existência de paleoclimas influenciando diretamente no desenvolvimento e distribuição geográfica da flora. Conforme já foi discutido, tal fato se apóia na possibilidade de expansão de determinados biomas conjugados à retração de outros.

Algumas espécies que possivelmente constituem relíquias paleoclimáticas são verificadas em São Thomé das Letras, bem como em outras áreas de planaltos interiores localizados na faixa tropical.

Tem destaque a presença corriqueira de cactáceas de aspecto cilíndrico e alongado, bastante espinhentas, e que aparecem de maneira contumaz nos ambientes litólicos das serras quartzíticas, onde se adaptaram mediante a incisão de suas raízes nas fraturas e diáclases existentes na estrutura litológica (Foto 8.3).

Conjetura-se que a caatinga teve significativa expansão geográfica durante os períodos climáticos mais secos do Quaternário. Ab'Sáber (1977) argumenta que o referido bioma penetrou por numerosos compartimentos interiores dos atuais planaltos intertropicais brasileiros, atualmente ocupados por matas ou cerrados. Se assim for, corrobora-se a atribuição da qualidade de vegetação relíquia para as cactáceas que medram no Planalto do Alto Rio Grande e em outras unidades geomorfológicas, a exemplo dos patamares tabuliformes da Canastra, que também aportam espécies xerófitas.

Em mesma comunicação, o autor assevera que algumas áreas de planaltos subtropicais e tropicais do Planalto Brasileiro certamente estiveram sob condições de climas mais secos e ligeiramente mais frios, viabilizando assim a penetração da vegetação xerófita e a expansão das araucárias.

À propósito da menção feita às araucárias (*Araucaria angustifolia*) ou pinheiro-do-Paraná, é plausível que sua ocorrência nas terras altas do Brasil de Sudeste se deve a ação de paleoclimas caracterizados por temperaturas mais baixas, que possibilitaram sua expansão e fixação em menores latitudes, a partir do Brasil Meridional em direção ao Sudeste. Ab'Sáber (2000) entende que nos planaltos cristalinos do Brasil de Sudeste (Bocaina, Campos do Jordão, rio Verde e setores da Mantiqueira e alto rio Grande) estabeleceram-se campos frios e estépico com redutos de araucária.

De família exclusiva do hemisfério Sul, a araucária ocorre com certa frequência em São Thomé das Letras, sendo encontrada em áreas de latossolos e argissolos, onde atingem

pleno desenvolvimento, alcançando tamanhos próximos a 50 metros de altura. Ocorrem isoladas ou em pequenos grupos pontuando a paisagem. Sua ocorrência diminui no extremo leste do município, deixando de aparecer a oeste da Serra de São Tomé.



Foto 8.3. Ocorrência marcante de cactáceas em São Thomé das Letras (MG) (2006).

8.4. Papel da estrutura na evolução da paisagem: relevo apalachiano

O papel da estrutura é fundamental na evolução do relevo, ajudando a orquestrar diferentes dinâmicas erosivas que seviciam a paisagem ao longo do tempo. Unidades estruturais distintas submetidas a diferentes mecanismos morfoclimáticos resultam na interessante diversidade morfológica da superfície terrestre, dividida em compartimentos esculpidos em massas litosféricas de estrutura variada.

Para a presente pesquisa, interessa especificamente o relevo emoldurado em estrutura dobrada. Conforme Loczy & Ladeira (1980), dobras são ondulações ou convexidades e concavidades existentes em corpos rochosos originalmente planos, podendo ocorrer em

rochas sedimentares, vulcânicas, ígneas e metamórficas; o termo em questão é aplicável a qualquer segmento de um grupo de superfícies que são curvilineares.

Dois tipos básicos de obra geomorfológica se desenvolvem em estrutura dobrada: relevo jurássico e apalachiano.

Penteado (1974) informa que o relevo jurássico, tipo mais simples de relevo dobrado, constitui uma sucessão regular de dobras simples e pouco afetadas pela erosão, sendo que sua evolução pode ser sistematizada na seguinte seqüência de estágios:

1. Vale cataclinal (*ruz*), por erosão regressiva, escava cânions nos flancos de um anticlinal.
2. O prosseguimento da erosão regressiva possibilita a passagem de um rio (*cluse*) no anticlinal, havendo captura da ravina menor pela de maior expressão.
3. Alargamento da *cluse* facilitado pela camada tenra situada abaixo da camada resistente.
4. Surgimento de ravinas afluentes da *cluse* no dorso do anticlinal, que tem o trabalho de erosão acelerado em função do maior desnível, repercutindo na abertura de uma depressão no topo do anticlinal (*combe*).
5. Evolução das camadas menos resistentes do anticlinal (*combe*) mais acelerada em relação à evolução dos vales escavados em rochas mais duras no fundo dos sinclinais.
6. Aprofundamento do nível de base dos rios que escavam no anticlinal abaixo daqueles situados nos sinclinais.
7. Inversão do relevo por alargamento das *combes*, com os anticlinais escavados abaixo dos sinclinais, que passam a dominar na paisagem na forma de sinclinais alçados devido à proteção exercida pelas camadas resistentes.

O relevo de tipo apalachiano, de maior interesse para a pesquisa aqui apresentada, também se desenvolve, em certa medida, pela erosão diferencial levada a efeito em uma área dobrada.

Cassetti (1990) esclarece que, enquanto o relevo do tipo jurássico é entendido como o resultado de inversão a partir de uma sucessão regular de dobras, o apalachiano é caracterizado pelo paralelismo de cristas (rochas mais resistentes) e vales (rochas menos resistentes) originados a partir do aplainamento de uma estrutura dobrada. O autor admite os seguintes mecanismos operantes na evolução do referido tipo de relevo:

- . Organização de sistema hidrográfico (dada com o umedecimento climático) após pediplanação de uma superfície de erosão, sistema este comandado por um curso cataclinal superimposto;

- . Entalhe progressivo da drenagem superimposta, cortando camadas de diferentes resistências;

- . Surgimento de tributários ortoclinais, à medida que o rio superimposto define seu leito, orientados estruturalmente pelas camadas de menor resistência e paralelos à direção das dobras, formando-se uma drenagem retangular com confluências ortogonais;

- . Sucessão de cristas e vales elaborada por comando do sistema hidrográfico, tipologia esta que padroniza o relevo apalachiano.

Penteado (1974) enumera duas condições necessárias para o desenvolvimento de relevo do tipo apalachiano: heterogeneidade do material dobrado e arrasado para expor afloramentos paralelos de camadas duras e tenras; soerguimento tectônico para possibilitar a retomada erosiva.

Os condicionantes supracitados, bem como as características fundamentais que dão tipicidade ao relevo apalachiano, são verificados em São Thomé das Letras e região, ajudando a desvendar os processos geomorfológicos que atuaram durante o Quaternário e que remontam ao período Terciário.

A evolução das formas de padrão apalachiano em consideração remonta à denudação pós-cretácea responsável pela elaboração e posterior arrasamento da Superfície Sul-Americana, possibilitando o desenvolvimento do relevo em questão a partir do desgaste dessa superfície erosiva.

As cristas monoclinais emolduradas sobre os quartzitos do Grupo Andrelândia são separadas por vales rebaixados por conta da erosão diferencial trabalhada nos níveis xistosos, onde a resistência é menor. O quartzito, por sua vez, é bastante resistente ao ataque químico, estando, quase sempre, relacionado a anomalias positivas no relevo, ao passo que os xistos perfazem os setores mais rebaixados por conta dos efeitos erosivos mais vigorosos. Durante o processo colisional das paleoplacas pré-cambrianas, os constituintes quartzosos foram intercalados com as micas, gerando níveis xistosos paralelos a quartzitos com elevado grau de pureza, gerando uma disposição paralela entre rochas de resistência diferenciada. Cailleux & Tricart (1958) já atentavam para os efeitos do intemperismo diferencial nos quartzitos e nos xistos, destacando o entalhe da drenagem nessas rochas de resistências desiguais que resulta em formas apalachianas.

As cristas apalachianas em discussão extravasam os limites territoriais de São Thomé das Letras para se imporem como relevo de destaque com expressividade regional. É mutio plausível que configurem, da maneira que foi constatado por Barbosa (1954) para a região do Quadrilátero Ferrífero, sinclinais atualmente alçados rodeados por anticlinais desmontados por erosão geológica mais profunda. A principal drenagem superimposta é o rio Verde, que rompe as rochas de resistência diferenciada a sudoeste do município onde os estudos se concentraram. Entre as cristas monoclinais uma série de tributários ortoclinais estabelece confluências ortogonais com a drenagem mestra. Outros rios superimpostos mais jovens e de menor expressão regional são verificados, como o rio do Peixe, que diseca o território de São Thomé das Letras em sentido geral SE-NW, e que recebe as águas do córrego Canatagalo, adaptado ao vale ortoclinal embutido entre as cristas, o qual foi alargado por morfogênese mecânica sob condições climáticas mais secas que as atuais que impuseram um desgaste lateral mais vigoroso para as vertentes envolventes.

A superimposição constitui aspecto típico de muitos rios que dissecam os terrenos pré-cambrianos do Brasil, sendo que muitos rios que atualmente correm sobre formações geológicas dobradas foram nela superimpostos a partir de uma superfície de erosão (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Cabe destaque ainda a presença de baionetas caracterizando a drenagem local, o que também constitui um traço hidrográfico típico do relevo apalachiano.

8.5. Formação e dinâmica cárstica na evolução morfológica do Quaternário

8.5.1. Primeiras observações e constatações

O desenvolvimento de processos cársticos em quartzito que se encerram em alguns setores específicos do município de São Thomé das Letras, regido por uma série de eventos responsáveis pela produção de formas interessantes, sugeriu uma consideração particular reservada para apresentar e discutir, no âmbito da evolução quaternária da paisagem, a ocorrência do carste na área.

A gênese das formas cársticas em São Thomé das Letras é um fenômeno geomorfológico recente, compreendido no Quaternário, e que registra de maneira destacada a

dinâmica paisagística atual. São marcantes no contexto da área de estudo e respondem a uma coleção de fatores que conferem significativa complexidade para tal ordem de processos.

Os processos de corrosão química responsáveis pela elaboração das formas cársticas atuais ocorreram sob diferentes condições climáticas, o que faz dos ambientes cársticos uma região-chave para o estudo das mudanças globais que se processaram durante o Quaternário (KOHLE, 1995).

A importância científica do relevo cárstico não se restringe às especulações geomorfológicas e paleoclimáticas. Estravasa sua relevância para outras áreas do conhecimento, como a arqueologia, a paleontologia e a biologia, esta última se encarregando do estudo dos ecossistemas peculiares que medram no interior do ambiente cavernícola. Também possui interesse econômico, expresso pelas atividades mineradoras e turísticas que se desenvolvem nessas áreas.

Após algumas considerações sobre os processos geomorfológicos de carstificação são apresentadas e discutidas as duas manifestações cársticas selecionadas na área, e que se referem à Gruta do Carimbado e à Gruta do Sobradinho. Outras cavernas já foram catalogadas no município de São Thomé das Letras, a exemplo de um palocarste situado na área urbana que também configura atrativo turístico, bem como outras feições de dissolução, como a Pedra da Taça (Foto 8.4), marcada por abertura de conduto na estrutura litológica causada pela atuação da água nas zonas de fraqueza. A opção pela escolha das manifestações cársticas em questão foi feita em função de sua representatividade em relação a processos regionais de carstificação em quartzito que ocorrem em outros municípios como Luminárias e Conceição do Ibitipoca, bem como pela importância turística das cavernas.

8.5.2. Considerações sobre os processos cársticos e seu papel na evolução da paisagem

O relevo cárstico é particularmente associado à dissolução do carbonato de cálcio (CaCO_3) em rochas calcárias, podendo também ocorrer em rochas não-carbonáticas. Apresenta drenagem predominantemente subterrânea e morfologia específica em dolinas, uvalas, vales cegos, poljés, paredões, lapiás, torres, entre outras, características estas ligadas ao processo de dissolução das rochas. Tal conjunto geomorfológico pode ser compartimentado num sub-domínio superficial (exocarste), um outro situado em ambiente de subsuperfície (epicarste), e o meio subterrâneo (endocarste) (PILÓ, 2000).

As manifestações cársticas também têm sido descritas em litologias compostas por rochas siliciclásticas, como arentios, quartzitos e gnaisses formados por altos teores de sílica (SiO_2), mineral que possui baixas taxas para dissolução em condições normais de temperatura e pressão (UAGODA *et al.*, 2006).

O carste, como se pode entender, configura um estágio particular da evolução da paisagem, no qual o intemperismo químico exerce predomínio absoluto, surgindo a partir do processo de dissolução imposto pela percolação da água e evoluindo para uma outra esculturação, até o momento em que o carste desaparecerá em condições de total arrasamento.

A formação de feições morfológicas cársticas reclama a conjugação de alguns fatores fundamentais: presença de rocha permeável dotada de falhas e fraturas que permitem a penetração da água; presença de elementos de dissolução no volume hídrico para promover a carstificação. Soma-se ainda, além da água, o ar como importante vetor de formação de carste, uma vez que carrega o CO_2 , agente fundamental de carstificação – o equilíbrio entre a pressão de CO_2 das cavernas e das águas percolantes provoca a precipitação do calcáreo e o conseqüente preenchimento do endocarste com espeleotemas balisados em calcita.

A passagem de águas ácidas não costuma ser suficiente para o desenvolvimento de formas cársticas, devendo haver mecanismos para a sua concentração, a fim de viabilizar uma dissolução concentrada capaz de encabeçar o desenvolvimento de um sistema cárstico. O processo de concentração, por sua vez, pode ser condicionado pela microtopografia local, que orienta o fluxo d'água em determinado sentido até haver a acúmulo em local propício para tal, onde o contato com o substrato se dá com maior qualidade e numa duração temporal mais larga, possibilitando assim que a dissolução seja eficiente o suficiente para desencadear a carstificação.

A evolução e dinâmica dos processos cársticos, regidas por fenômenos de dissolução (predominantemente), erosão, transporte e deposição, são de natureza altamente complexa, e podem sofrer influência de ordem estrutural (constituição química da rocha, padrão de fraturamento e sua exposição no conjunto da paisagem), climática (relacionada aos sistemas de alteração da rocha) e tectônica, esta componente provendo a energia e a conformação topográfica convenientes para o desenvolvimento da morfologia cárstica.

Precedidas pela presente discussão preliminar, segue-se a apresentação das formas cársticas verificadas em São Thomé das Letras no contexto da evolução pretérita e atual da paisagem.

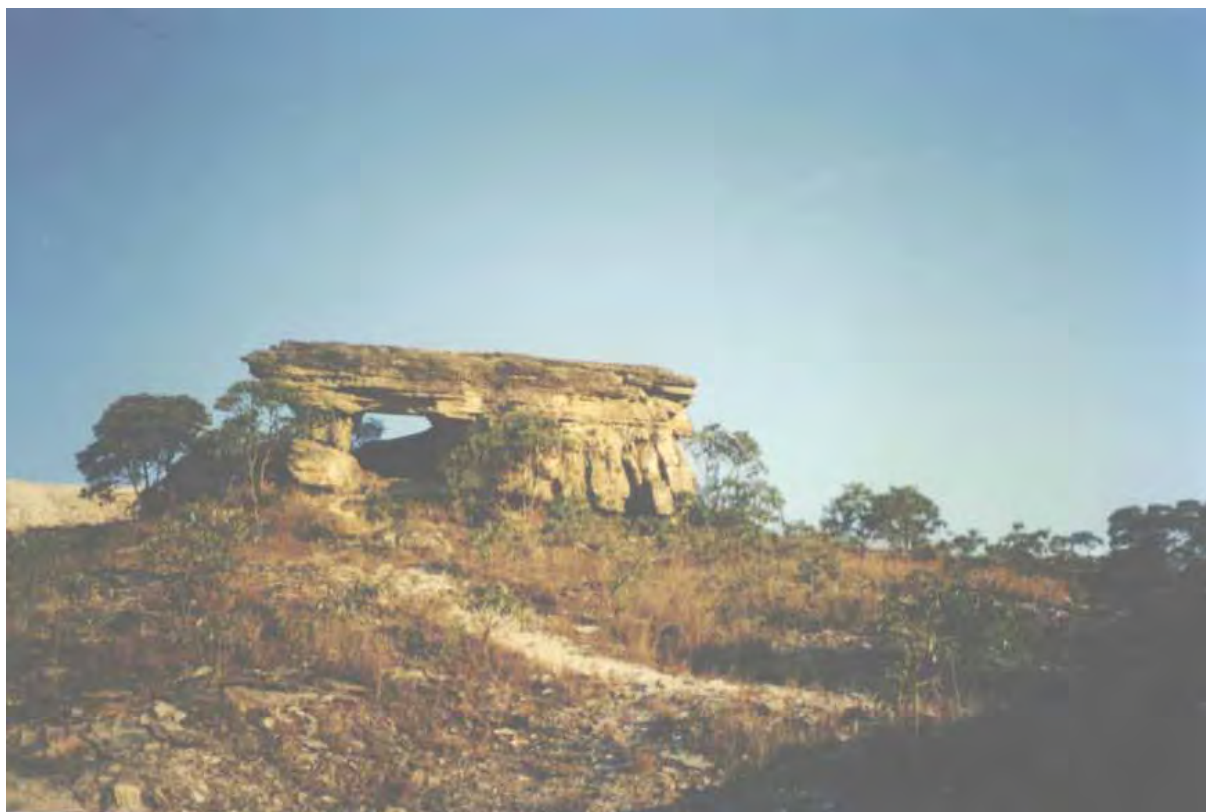


Foto 8.4. Pedra da Taça, mostrando processo de dissolução em quartzito.

8.5.3. A Gruta do Carimbado

O conduto em questão apresenta dois compartimentos: um salão na entrada e um conduto estreito e longilíneo que se lança a níveis subterrâneos, onde se prolonga por alguns quilômetros, extensão esta que não foi estimada na presente pesquisa em função da dificuldade de acesso. Em campo, foram percorridos aproximadamente 200 metros do conduto, bastante estreito, caráter este que se acentua com o aumento da profundidade, até se tornar delgado a ponto de impedir a passagem.

O salão possui altura da ordem de 2,70 metros, largura de 5,60 metros e comprimento de 4,0 metros, da abertura até a configuração do conduto. O compartimento da entrada aparece na Foto 8.5.

A cavidade é cercada por cobertura vegetal (cerrado), conforme é previsto em lei, atualmente ameaçada pela mineração à montante em função do estéril que se desloca pelas vertentes e altera as condições físico-químicas do substrato. A exploração avança e ameaça a vegetação da área de influência da cavidade, cuja integridade é prevista no art. 1º do Decreto 99.556, de 1/10/1990, que afirma taxativamente que “*As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional constituem patrimônio cultural brasileiro e, como tal, serão*

preservadas e conservadas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como as atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo” (MACHADO, 2002).

A Gruta do Carimbado configura um paleocarste, uma vez que a dinâmica cárstica não é atuante em tempos atuais. A paleodrenagem que engendrou a dissolução é, atualmente, ausente, e o carste, conseqüentemente, sem funcionalidade, uma vez que as águas deixaram de percolar pela zona vadosa para atingirem o nível freático.

De acordo com Bigarella (1994), nas regiões que sofreram dobramento e, conseqüentemente, as rochas se encontram inclinadas, a erosão segue os planos de estratificação, preferencialmente ao longo das diáclases presentes na estrutura. A formação do conduto em discussão seguiu esses termos, com a dissolução promovida em zona de fraqueza sobre os níveis argilosos micáceos localizados no quartzito, próximo ao contato litológico com os gnaisses, onde foi promovido o alargamento do conduto.

O conduto do Carimbado foi formado, muito provavelmente, sob condições de clima úmido, com água superficial em escoamento concentrado disponível para promover o trabalho de dissolução. À medida que se aprofunda no conduto, aumenta-se gradativamente a saturação e o substrato fica mais úmido e lamacento, acusando a maior proximidade com o lençol freático. Tudo indica, portanto, que a água responsável pela dissolução da rocha e formação da gruta se desconectou do sistema hidrográfico ao atingir o lençol, legando a paisagem um carste abortado e sem funcionalidade.

A abertura da gruta se dá em níveis argilosos, perto da zona de contato entre o quartzito e os paragneisses, que foram explorados pela paleodrenagem. Tais níveis de alteração estabelecem contato brusco com o quartzito na abertura do conduto, com espessura da ordem de 1,10 metros, aumentando seu desenvolvimento vertical à medida que o conduto se aprofunda, até compor a totalidade da cavidade.



Foto 8.5. Salão de entrada da Gruta do Carimbado (2005).

8.5.4. A Gruta do Sobradinho

A Gruta do Sobradinho se refere a uma caverna vadosa de 130 metros de extensão, localizada na vertente oeste da serra do Sobradinho, tendo evoluído a partir da dissolução imposta ao quartzito.

Deve ser esclarecido, conforme Auler & Zogbi (2005), que as cavernas vadasas são aquelas em que a água não ocupa todo o perímetro da galeria (salvo durante as enchentes), podendo assim ser percorrida pelos rios e escavadas para baixo.

O entorno da gruta é caracterizado pela vegetação de campo sujo que medra sobre solo litólico, fisionomia vegetal esta que avança pelos níveis altimétricos mais elevados até dar lugar a afloramentos em arestas do quartzito. O setor é bastante voltado para a atividade turística, contando com equipamentos na forma de lanchonetes, restaurantes e vendas de artesanato, o que repercute em algumas depredações típicas dessa atividade econômica, notadamente pichações nas paredes da caverna e lançamento de lixo pelos visitantes, que freqüentam o local sem nenhum tipo de restrição e controle.

A Gruta do Sobradinho abre-se num salão com teto em forma de abóboda cuja entrada possui 9,5 metros de altura e 6,7 metros de largura, dentro do qual se localiza o ponto de ressurgência das águas (Foto 8.6). Divide-se em seis compartimentos que se intercalam em condutos e pequenos salões, cuja morfometria é mostrada no Quadro 8.1.

Quadro 8.1. Medidas dos compartimentos da Gruta do Sobradinho.

COMPARTIMENTO	ALTURA MÉDIA	LARGURA MÉDIA	COMPRIMENTO
Compartimento 1	9,5 metros	6,7 metros	20 metros
Compartimento 2	3,4 metros	4,0 metros	12,8 metros
Compartimento 3	1,8 metros	1,5 metros	22,3 metros
Compartimento 4	1,85 metros	1,52 metros	59,9 metros
Compartimento 5	1,74 metros	1,65 metros	5,0 metros
Compartimento 6	1,60 metros	1,85 metros	10,0 metros

O Compartimento 1, que se refere ao salão de entrada da caverna, é o mais diferenciado do ponto de vista de sua morfometria, estreitando-se em direção a um conduto que se subdivide nos demais compartimentos. O Compartimento 2 também diferencia-se consideravelmente dos demais, sendo que a passagem para o Compartimento 3 se dá mediante uma ruptura brusca na altura e largura do conduto, parâmetros que se mantêm semelhantes desse ponto em diante, a partir de onde a caverna sofre desvio para NW, conforme a direção geral do mergulho das camadas metassedimentares. A partir desse ponto, a passagem de um compartimento para o outro, embora bem marcada e de fácil percepção em campo, não é registrada por diferenças bruscas, o que coloca restrições em sua representação gráfica.

A dissolução do quartzito também é verificada em outros setores da mesma vertente da serra do Sobradinho, formando pequenas depressões fechadas (Foto 8.7) e condutos estreitos e extremamente curtos, entulhados de material arenoso (Foto 8.8). Trata-se de processos de carstificação traduzidos por feições isoladas de dissolução, não sendo aqui considerados como carste propriamente dito, levando em conta que uma forma cárstica constitui uma unidade sistêmica, dotada de continuidade espacial, com dispositivos de entradas e saídas que deixam evidentes os fluxos de matéria e energia. Um sistema cárstico não se restringe, portanto, a pequenas formas de intemperismo cavernoso. No entanto, tais feições demonstram a dinâmica cárstica registrando a evolução morfológica do compartimento em questão, encabeçada pela dissolução da rocha.

A Gruta do Sobradinho, esta sim, constitui uma unidade sistêmica. Ela é formada por um único prolongamento que congrega os *inputs* e libera os *outputs* para fora do subdomínio cárstico. É possível ainda a existência de outros subsistemas em funcionamento confinados nos poros da estrutura litológica em conexão com o sistema principal atualmente visível, se comportando, pela impossibilidade de acesso, como caixas-pretas. Tais subsistemas, se existirem, podem, por sua vez, além de guardar importantes informações para o entendimento da complexidade intrínseca à gênese e evolução do carste, se desdobrarem em outros subsistemas passíveis de serem reduzidos até a molécula d'água, viabilizando que o tema seja tratado, inclusive, segundo uma abordagem fractal.

O assoalho da Gruta do Sobradinho é preenchido por sedimentos clásticos de variada ordem granulométrica, de grandes blocos a grãos de areia, que se referem, em grande medida, a materiais alóctones derivados da própria evolução da caverna. A maior parte da carga sedimentar está localizada no salão de entrada e no compartimento seguinte, diminuindo de tamanho até a saída da cavidade.

A gênese da Gruta do Sobradinho está fortemente ligada ao escoamento e infiltração das águas ao longo dos planos de diaclasamento, seguida da dissolução e remoção do material. Nos moldes do raciocínio exposto por Wernick *et al.* (1973), a partir de um alargamento inicial, a evolução da caverna se dá por meio de abatimentos seguidos da retirada do material que foi desprendido do ambiente cavernícola.

Em certa medida, a Gruta do Sobradinho pode ter sido formada por efeito de perturbações tectônicas, o que é corroborado pelo fato da área em que se encontra estar sendo submetida a soerguimento litosférico. Da mesma maneira, as formas isoladas apontadas, traduzidas por pequenas depressões fechadas, algumas relativamente alargadas e outras bastante estreitas, tem seu desenvolvimento ligado a movimentos epirogenéticos que serviram

como catalisadores do processo de incisão das águas por conta do rebaixamento do nível de base local, colocando em destaque mecanismos endógenos e exógenos de evolução do relevo operando concomitantemente na dinâmica cárstica verificada. Além disso, o deslocamento de blocos nas zonas de fraqueza favorece a instalação da drenagem na depressão e o conseqüente trabalho de dissolução levado a efeito pela água.

A tectônica exerce, portanto, influência de monta na evolução do relevo cárstico em questão em função do gradiente imposto, que segue o mergulho das camadas e condiciona o sistema hidrológico. Willems *et al.* (1996) consideram o fraturamento da estrutura litológica e o padrão de estratificação elementos fundamentais no desenvolvimento de cavidades em rochas silicáticas. Conjugado a isso, os efeitos ligados ao clima, bem como às mudanças climáticas ocorridas ao longo do Quaternário, também influenciam os processos de carstificação.

Com base nos princípios expostos e na inspeção realizada em campo, é apresentada uma proposta para a gênese e evolução da Gruta do Sobradinho, cujas etapas são enumeradas a seguir.

1. Alteração da fratura – Etapa inicial para o desenvolvimento da caverna, processada em condições climáticas úmidas, com regime de precipitação eficiente para o fornecimento suficiente de água a ser concentrada e assim viabilizar a dissolução do quartzito.

2. Abertura da fenda – A água envolvida no processo, ao atingir o nível de base local, passa a exercer erosão lateral, alargando o conduto e preenchendo a cavidade.

3. Desgaste mecânico – A mudança para um clima mais seco reorientou a evolução da caverna, dando margem a abatimentos e deposição de sedimentos clásticos no assoalho da caverna.

4. Desobstrução do conduto – A retomada da umidade possibilitou a remoção do material e novamente reorientou a evolução por efeito predominante da dissolução química; possíveis canais secundários teriam sido abortados e a drenagem se concentrado, por coalescência interna, em um único eixo.

A evolução da gruta em consideração fornece, conforme exposto, indicações da ação de efeitos climáticos e tectônicos agindo concomitantemente, até o presente.

O processo de soerguimento tectônico que é apontado para o setor meridional do estado de Minas Gerais, submetido a reconhecido neotectonismo intrapalaca, influenciou, juntamente com as mudanças climáticas do Quaternário, na evolução da caverna aqui

apresentada. O rebaixamento do nível de base, que é consequência do soerguimento, favoreceu a incisão e a formação de uma cachoeira e de uma garganta na base da galeria, colocando em tela o falhamento por onde escoava a água pela referida queda, que tende a desaparecer por erosão regressiva. Da mesma forma, a mudança no nível de base vem instigando uma reativação generalizada de cabeceiras que evoluem por intermédio da dissolução, pontuando, conforme foi exposto, uma série de pequenas depressões fechadas que rodeiam a Gruta do Sobradinho.

A complexidade inerente aos processos de evolução do modelado cárstico, regida pela atuação conjunta de agentes exógenos e endógenos, deve ficar registrada, ressaltando sua importância no entendimento da evolução integrada da paisagem. A figura 8.1 constitui representação da Gruta do Sobradinho em perfil longitudinal.



Foto 8.6. Ponto de ressurgência de águas na entrada da Gruta do Sobradinho.



Foto 8.7. Formação de depressão fechada na Serra do Sobradinho por efeito da dissolução do quartzito.



Foto 8.8. Registro de dissolução química nos quartzitos da Serra do Sobradinho.

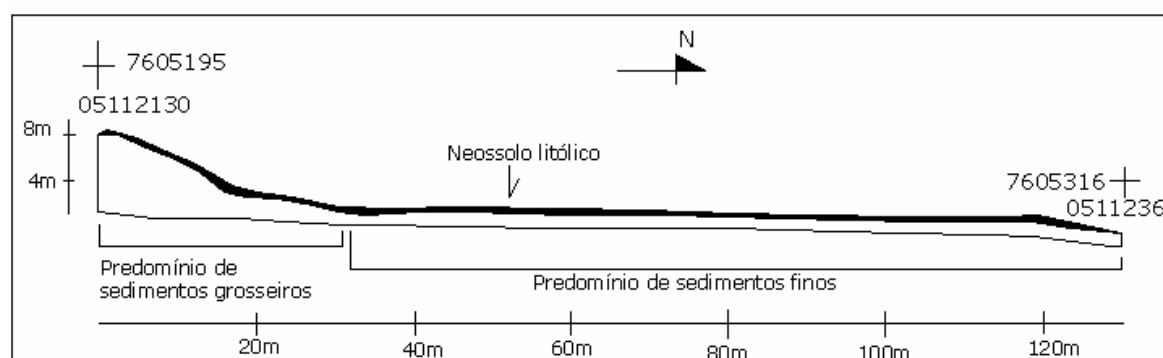


Figura 8.1. Representação da Gruta do Sobradinho em seu perfil longitudinal (Org: MARQUES NETO, R.).

CAPÍTULO 9

9. ASPECTOS DA EVOLUÇÃO MORFOTECTÔNICA EM SÃO THOMÉ DAS LETRAS NO CONTEXTO DO BRASIL SUDESTE

9.1. Conceitos gerais

Os aspectos tectônicos impressos na paisagem constituem subsídio fundamental para o estudo da evolução do modelado, que se dá através tanto de processos endógenos como exógenos, seja um predominando sobre o outro, seja numa distribuição equitativa de forças.

Se por um lado, a compreensão da atuação dos mecanismos morfoclimáticos quaternários é de fundamental importância para o entendimento da evolução de determinada paisagem, as considerações acerca da tectônica neoceno-zóica também exercem influência capital na evolução morfológica da área de estudo. Silva *et al.* (2002) argumentam que os efeitos tectônicos do final do cenozóico tem sido responsáveis pela imputação de energia no sistema, que acarreta a reativação de fenômenos como movimentos de massa e erosão mecânica e geoquímica catalisada pela mudança no nível de base. Os soerguimentos dos terrenos cristalinos no final do Terciário (Mioceno Médio) respondem pela reativação de falhas e por novo processo de basculamento de blocos.

O estudo de processos geradores de formas de relevo que se relacionam a qualquer tipo de atividade tectônica é que designa o termo morfotectônica (FACINCANI, 2000), que se difere do termo morfoestrutura, referente a unidades de relevo geradas através de efeitos combinados entre a atividade tectônica e o clima a que a área esteve submetida, obedecendo a um arranjo hierárquico que engloba desde estruturas de ordem de grandeza continental, como uma cordilheira ou uma cadeia mesoceânica, até manifestações geomorfológicas locais, como um vale controlado por falha (GERASIMOV & MESCERJAKOV, 1969).

No entendimento de Etchebehere (2000) as feições morfoestruturais são aquelas de caráter passivo, eventualmente resultantes de uma deformação pretérita, e sobre cuja geometria se adequam os cursos d'água, determinando que o padrão local da rede de drenagem reflita a disposição da litologia, controlada pelo arranjo e atitude dos estratos e/ou das feições estruturais. No tocante às feições morfotectônicas, o que se desenha é uma

conjugação entre a acomodação dos elementos da rede de drenagem e as deformações crustais síncronas, o que lhes confere um caráter eminentemente ativo.

Os estudos morfotectônicos, segundo Embleton (1987), se desdobram em quatro âmbitos principais, sendo os dois primeiros enfocados na presente pesquisa: reconhecimento e estudo de feições geomorfológicas indicativas de tectônica recente; estudo da deformação de superfícies de aplainamento; estudo de efeitos morfológicos causados por terremotos; utilização de evidências morfológicas na previsão de terremotos.

Entre os estudos tectônicos vêm se destacando aqueles interessados, especificamente, na neotectônica, termo utilizado pela primeira vez em 1948 por Obruchev (BIGARELLA, 2003) para se referir aos movimentos crustais processados entre o Terciário Superior e o Quaternário.

Algumas controvérsias se instauraram entre autores que se dedicaram ao estudo da neotectônica no que tange ao tempo que compreende sua atuação. A Comissão Internacional de Estudos do Quaternário (INQUA) considera como neotectônico aqueles eventos que remontam a 10 M. A. (neomiocênicos). Para a maioria dos autores, o período neotectônico tem seu limite inferior em 20 M. A., sendo que sua atuação adentra o Quaternário e se verifica nos tempos atuais, ressaltando o consenso de que sua intensidade varia conforme a posição e a região estudada em relação à borda da placa na qual está inserida (BIGARELLA, 2003).

Para Hasui (1990) o tempo geológico abrangido pela neotectônica remonta aos meados do Terciário, incluindo no quadro de discussões apenas os processos relacionados com a deriva do continente Sul-Americano, que dizem respeito às manifestações tectônicas ainda vigentes, com manifestações de ambiente intraplaca e excluindo manifestações de tectônica distensiva e compressiva do processo de abertura oceânica, cuja atuação se encerrou nos meados do Terciário.

Embora as opiniões de grande parte dos autores tenham sido expressas de maneira diferente, constitui consenso a relação obrigatória entre a neotectônica e o quadro morfológico atual independentemente da idade das feições estudadas (SAADI, 1993).

Variadas feições morfológicas estão direta e indiretamente relacionadas a efeitos neotectônicos, responsáveis pelo reajustamento da drenagem através de processos de captura, desvio e decapitação. Tais feições indicativas podem ser cotovelos, *shuter ridges*, migração lateral do canal, alta angularidade da drenagem, falhamentos em terraços fluviais, terraços rochosos, arqueamento de superfícies planálticas e uma série de outros indicadores geomorfológicos.

O grande número de variáveis referentes aos estudos em neotectônica sugere uma perspectiva inter, multi e transdisciplinar para o referido campo do conhecimento, reunindo conhecimentos oriundos de disciplinas como Geomorfologia, Geotectônica, Estratigrafia, Pedologia, entre outras áreas pertencentes às ciências da Terra, lançando-se mão de materiais e técnicas diversas, como as oriundas do Sensoriamento Remoto e da Geofísica (HASUI, 2006).

O Brasil de Sudeste possui quadro neotectônico intraplaca dos mais interessantes, no qual se destaca a porção meridional do estado de Minas Gerais, área onde um conjunto considerável de estudos pautados nessa temática vem sendo realizado, permitindo uma ampliação dos conhecimentos do quadro tectônico regional e uma maior integração dos resultados obtidos.

9.2. O quadro neotectônico no sul de Minas: algumas considerações

Uma série de autores se dedicou ao estudo do quadro neotectônico intraplaca, se interessante, em variadas medidas, pelo setor meridional de Minas Gerais (ASMUS & FERRARI, 1978), (SAADI et al., 1989), (RICCOMINI, 1989), (SAADI, 1989, 1990, 1993), (MIOTO, 1990), (MACEDO et al. 1991), (MELO *et al.* 1993), (SANTOS, 1999), (HIRUMA & RICCOMINI, 1999), (HIRUMA *et al.* 2001), entre outros trabalhos. Para a área de estudo em específico alguns resultados já foram apresentados (MARQUES NETO & VIADANA, 2006; MARQUES NETO & VIADANA 2006a).

As primeiras manifestações neotectônicas intraplaca no território brasileiro estão situadas por volta do Mioceno Médio, quando teve início a deposição da Formação Barreiras e do último pacote sedimentar das bacias costeiras, além do encerramento das manifestações magmáticas até então vigentes (HASUI, 1990). O referido período coincide com o encerramento da elaboração da Superfície Sul-Americana, interrompida pelo soerguimento miocênico que teria dado início à elaboração da Superfície Velhas.

De maneira ampla, o quadro neotectônico da Plataforma Brasileira está inserido em um cenário no qual a placa litosférica apresenta movimentação no sentido WNW e predomínio de epirogênese positiva. As tensões verificadas são induzidas pelos deslocamentos que ocorrem nas zonas de borda da placa, que envolve compressão horizontal WNW-ESE e expressão estrutural representada essencialmente por falhas de caráter ressurgente condicionada pelas

zonas de cisalhamento e suturas antigas, com regime predominantemente transcorrente (HASUI, 1990).

Saadi (1993) chama a atenção para o grande número de trabalhos dedicados aos estudos neotectônicos no Brasil de Sudeste, em especial no estado de Minas Gerais, onde a síntese morfotectônica resultante demonstrou que as bordas leste, sul e oeste do cráton do São Francisco foram reativadas durante o Cenozóico, com maior intensidade no Plioceno e mantendo caráter ativo ao longo do Quaternário. Pelo efeito da reativação instalaram-se zonas de descontinuidade crustal, notadamente a Descontinuidade Crustal do Alto Rio Grande (DCARG) e a Descontinuidade Crustal do Alto São Francisco (DCASF). Tais descontinuidades crustais, que correspondem a importantes geossuturas pré-cambrianas episodicamente reativadas, compartimentou o estado de Minas Gerais, ao longo do Cenozóico, em domínios morfotectônicos dotados de comportamentos particulares específicos.

A DCARG marca o limite meridional do cráton sanfranciscano na região de São João Del Rei, e se refere a uma zona de cisalhamento pré-cambriana com cerca de 250 quilômetros de comprimento, situada entre Ouro Fino e Carandaí, em Minas Gerais. A DCASF, por seu turno, possui 50 quilômetros de largura e corta a extremidade meridional do cráton do São Francisco em direção N50W, paralelamente aos alinhamentos magnéticos conhecidos na região (SAADI, 1993).

A bacia do Alto Rio Grande, no sul de Minas Gerais, é composta por dois domínios morfogenéticos distintos: um deles marcado pela erosão e referente às vertentes da Serra da Mantiqueira e planaltos superiores, e o outro representado por um compartimento de planaltos baixos que, alojados ao longo das zonas de falha, vêm servindo como áreas de acumulação dos sedimentos erodidos do primeiro setor. Esta área vem sofrendo a ação de atividades tectônicas em tempos posteriores à deposição destes sedimentos, cuja idade remonta ao Terciário Superior (SAADI, 1989).

Saadi (1991) *apud* Hiruma *et al.* (2001) estabelece dois eventos tectônicos principais na reconstrução da evolução tectônica cenozóica no sul de Minas Gerais: o primeiro situado no Eoceno-Oligoceno, responsável pela geração do sistema de riftes, e o segundo referente ao Mioceno-Plioceno, este de caráter compressivo e com esforços horizontais de direção média NW-SE.

Mioto (1990) revela que o estado de Minas Gerais possui considerável grau de sismicidade, com uma concentração de eventos nos limites meridionais do CSF, nos domínios das províncias tectônicas do São Francisco, Tocantins e Mantiqueira. Estudos que versam

sobre o quadro sísmico do sudeste brasileiro também foram realizados por Assumpção *et al.* (1980), que inventariaram uma sequência cronológica de abalos registrados na qual constam dois eventos comprovados dentro do contexto regional do presente estudo, um deles com epicentro em Itajubá (MG) (31/07/1861), bastante sentido em Pouso Alto (MG), e outro em Campanha (MG) (08/04/1863), percebido em Lambari (MG) e municípios dos vales dos rios Verde e Grande.

O quadro neotectônico operante no Sul de Minas pode ser avaliado segundo critérios geomorfológicos. Nesse contexto, a análise de características tectônicas do relevo e da drenagem, com aplicação de índices morfométricos, é tarefa comum em geomorfologia estrutural.

9.3. Características tectônicas do relevo

A análise do relevo é de grande valia para o estudo de movimentos tectônicos. Silva (1997) coloca que interessa para o estudo da geomorfologia tectônica a observação de feições em diferentes escalas que apresentam arqueamento e/ou basculamento, ou que se encontram em subsidência, fraturadas, ou apresentando outro tipo de deformação, tomando como princípio fundamental o fato de que qualquer mudança na forma da paisagem implica em uma mudança nos processos operantes.

Os fenômenos neotectônicos que são mais costumeiramente associados à geração de formas de relevo são os terremotos, responsáveis pela geração de falhas, e eventos de caráter assísmico que geram doramentos e basculamento de superfícies topográficas. Tais feições, embora se manifestem nas mais variadas escalas, nem sempre são identificadas e diferenciadas com facilidade, o que exige a análise conjunta de evidências morfológicas, estruturais, sedimentológicas, litológicas, pedológicas e geofísicas (PIRES NETO, 1996).

Uma série de feições morfológicas está direta ou indiretamente relacionada a perturbações tectônicas, cada uma delas típica do tipo de falhamento vigente.

Entre as feições mais comuns ligadas à falhas normais e reversas estão as escarpas de falha, estruturas coincidentes ou fortemente coincidentes com o plano de falha que desloca a superfície do relevo (STEWART & HANCOCK, 1994), sendo formadas onde uma falha quebra a superfície, mas a erosão e o entalhe podem rapidamente destruir a forma original e reduzir a inclinação da vertente para ângulos estáveis que assumem valores entre 20 e 40° (SUMMERFIELD, 1991). O entalhe progressivo da drenagem tende a dissecar a linha de

falha, que passa a apresentar facetas trapezoidais que assumem formas triangulares à medida que a dissecação se aprofunda.

As falhas normais são responsáveis por movimentos de soerguimento e subsidência que geram, além das escarpas de falha, cadeias de montanhas retilíneas e sistemas de *horst* e *graben*, a exemplo da Serra da Mantiqueira e do Vale do Paraíba do Sul, respectivamente.

As falhas transcorrentes são responsáveis pela geração de uma assembléia notável de formas topográficas, como *shutter ridges* (deslocamento lateral do relevo de um lado da falha contra a vertente do outro lado), decaptação de drenagem, vales lineares adaptados à falha, deslocamento da drenagem, entre outras.

9.4. Características tectônicas da drenagem

Os cursos d'água são os elementos mais sensíveis a modificações tectônicas crustais, respondendo de imediato mesmo a processos deformativos de pequena escala e magnitude, o que torna tais elementos bastante apropriados para análises de cunho tectônico (ETCHEBEHERE, 2000).

A rede de drenagem é capaz de fornecer informações de cunho neotectônico que não podem ser obtidas através do emprego de outros métodos, sobretudo em áreas de baixo relevo, sendo importante, para tal, focalizar os pontos assinalados: anomalias de drenagem indicativas de locais com feições estruturais ativas, áreas com subsidência diferencial ou com mudanças no regime hidrológico; padrões de drenagem que informam acerca das feições estruturais, tipos de rocha, condições hidráulicas ou mudanças geomorfológicas; estudo da distribuição de características dos depósitos fluviais (PIRES NETO, 1996).

Na avaliação sobre as influências tectônicas na drenagem, Schumm (1986) enumera efeitos primários (alargamento ou estreitamento local dos canais, rejuvenescimento de cabeceiras por captura, arqueamento de terraços aluviais, entre outros), secundários (resposta da drenagem em face à mudança no gradiente) e terciários, estes correspondentes às influências dos sedimentos transportados que, em relação com o rio, participam dos processos de agradiação/degradação vigentes.

Em resumo, feições estruturais de superfície e subsuperfície, ativas ou não, fornecem padrões característicos às drenagens, convertendo tal elemento em ferramenta indispensável para os estudos em neotectônica (RUBIN, 2002).

Entre os padrões de drenagem mais comuns relacionados com fatores de ordem estrutural, estão aqueles enumerados por Summerfield (1991), e que são mostrados na Figura 9.1.

Alguns padrões de drenagem, como o radial e o anelar, configuram nítido resultado de deformações neotectônicas. O padrão radial tem ocorrência em áreas fortemente estruturadas, como domos salinos, vulcões e pontos de soerguimento tectônico, e o padrão anelar é indicativo de forte estruturação em domos e bacias (SILVA, 1997).

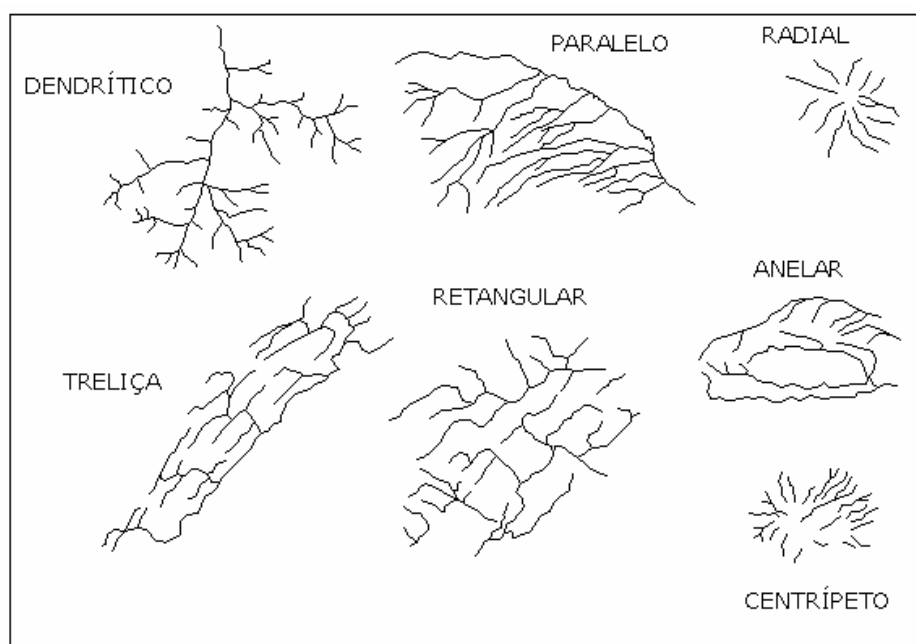


Figura 9.1. Padrões de drenagem relacionados com controle estrutural (SUMMERFIELD, 1991).

Os tipos de padrões básicos de drenagem propostos por Zernitz (1932) (*apud* Howard, 1967) acompanhados dos padrões básicos modificados também se prestam como sistemas de análise da drenagem capazes de fornecer uma série de informações na esfera da neotectônica. O Quadro 9.1 traz de maneira simplificada os padrões básicos e os básicos modificados com seus respectivos significados, e as figuras 9.2, 9.3 e 9.4 ilustram tais padrões.

Quadro 9.1. Padrões de drenagem básicos e básicos modificados segundo Howard (1967).

BÁSICO	SIGNIFICADO	BÁSICO MODIFICADO	SIGNIFICADO
Dendrítico	Substrato de resistência uniforme; sedimentos horizontais ou inclinados; declive regional suave.	¹ Subdendrítico ² Pinado ³ Anastomótico ⁴ Distributário	¹ Controle estrutural secundário. ² Material de textura fina indicando alta susceptibilidade a erosão do substrato. ³ Ambientes deposicionais (planícies aluvionares, delta e planícies de maré). ⁴ Leques aluviais e deltas.
Paralelo	Área de declive moderado a forte com substrato resistente	¹ Subparalelo ² Colinear	¹ Brando controle estrutural em estratos deformados e de resistência à erosão relativamente uniforme. ² Canais paralelos intermitentes formados em áreas de “loess” e barras arenosas.
Treliça	Estratos sedimentares inclinados ou dobrados, rochas vulcânicas ou metassedimentares de baixo grau. Pequenos tributários de tamanho semelhante nos lados opostos de uma drenagem em área de relevos alongados e paralelos.	¹ Subtreliça ² Treliça direcional ³ Treliça recurvada ⁴ Treliça de falha ⁵ Treliça de junta	¹ Ladforms paralelos. ² Homoclinais suaves e áreas com encostas suaves e assimétricas. ³ Caimento de dobras com mergulho. ⁴ Falhas paralelas convergentes e divergentes. Áreas de grábens e horsts alternados. ⁵ Falhas e/ou juntas retilíneas e paralelas.
Retangular	Juntas e/ou falhas em ângulo reto.	¹ Angulado	¹ Juntas e/ou falhas com ângulos variados e áreas com superposição de padrões de fratura.
Radial	Domos, vulcões e relevos residuais.	¹ Centrípeta	¹ Crateras e caldeiras vulcânicas e depressões cársticas.
Anelar	Domos, bacias e stocks.		Tributários longos indicam o sentido do mergulho e permitem a diferenciação entre domos e bacias.
Contorcido	Rochas metamórficas contorcidas ou grosseiramente acamadas. Indicam a ocorrência de diques, veios e migmatitos mais resistentes.		Longos tributários de drenagens subsequentes curvadas, podem indicar mergulho de camadas metamórficas e diferenciar sinclinais a anticlinais.

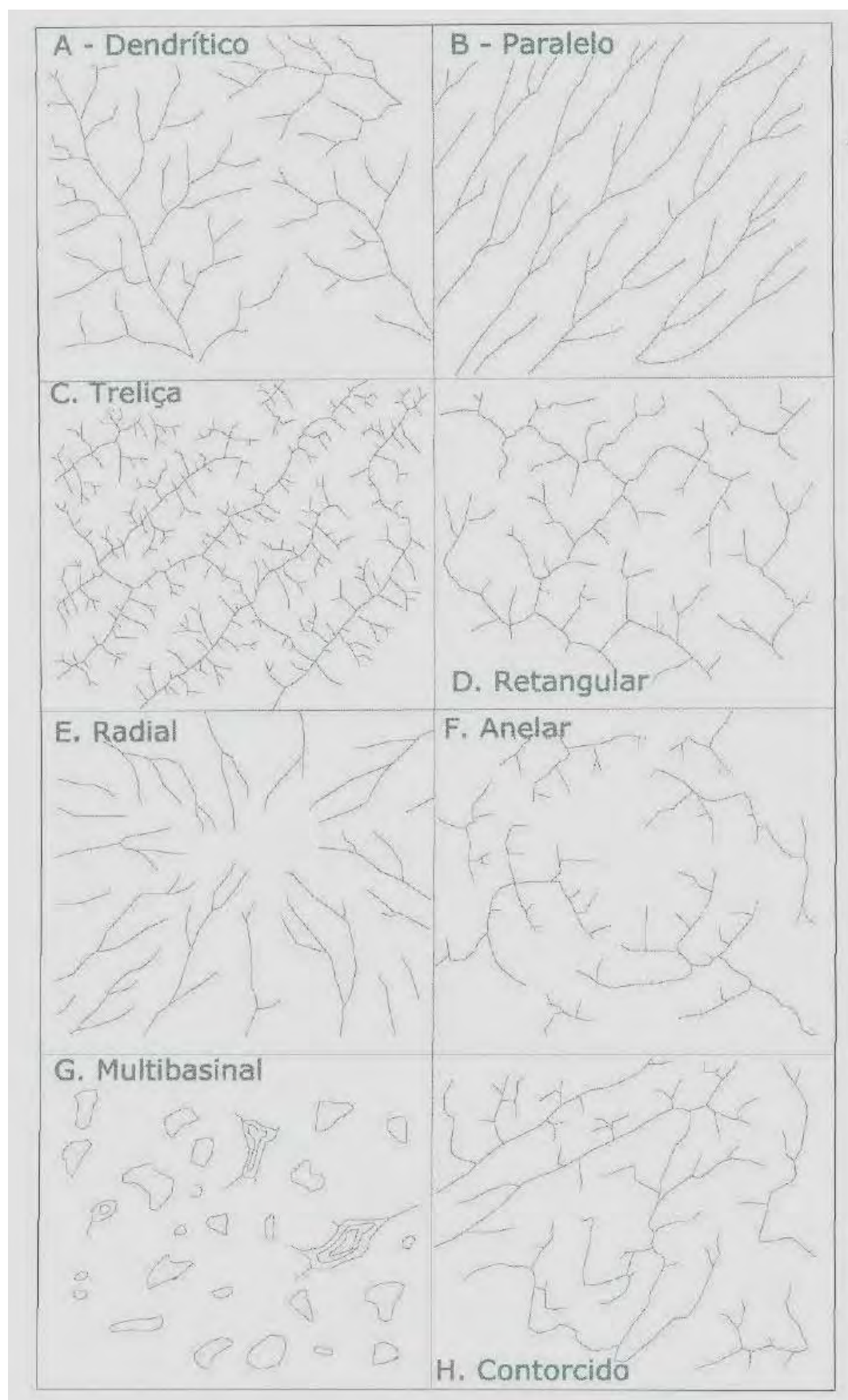


Figura 9.2. Padrões básicos de drenagem (HOWARD, 1967).

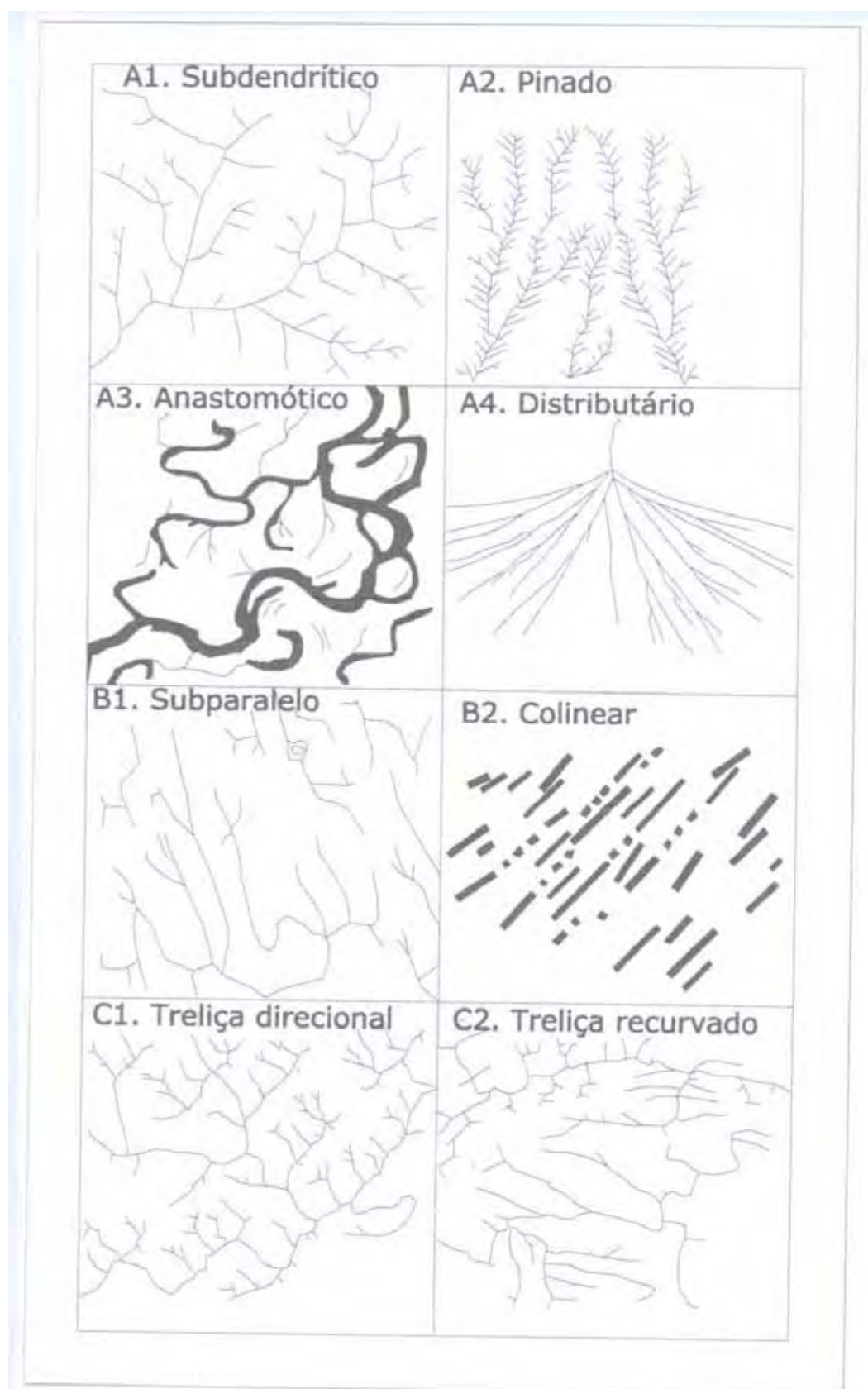


Figura 9.3. Padrões básicos modificados (HOWARD, 1967).

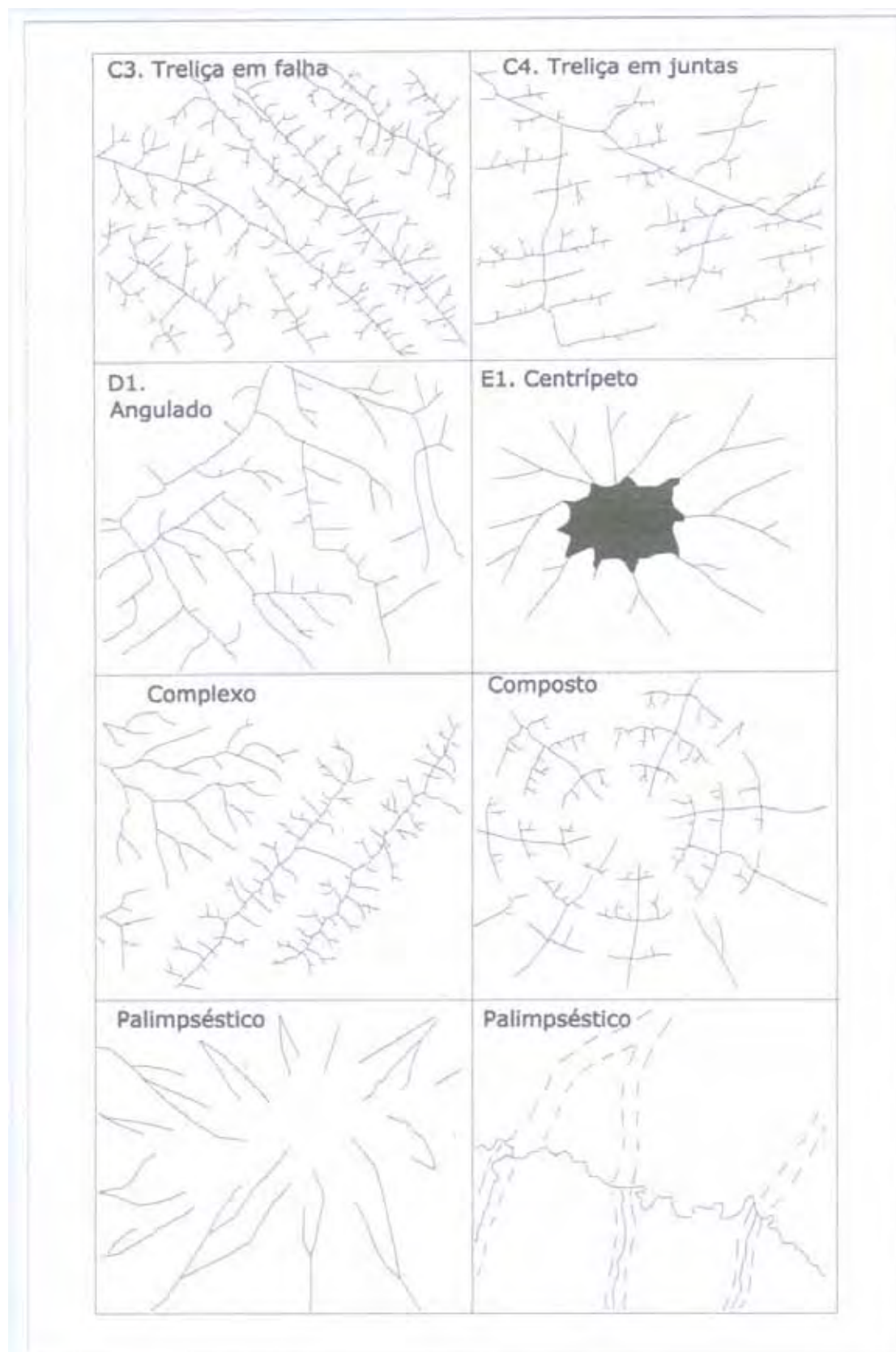


Figura 9.4. Padrões básicos modificados (HOWARD, 1967).

9.5. Efeitos neotectônicos na área de estudo

9.5.1. Evidências morfológicas

Os trabalhos de campo somados à análise das cartas topográficas correspondentes à área e aos métodos de fotointerpretação permitiram a identificação do registro de efeitos neotectônicos na topografia e na rede de drenagem.

No reverso da Serra de São Tomé a drenagem mantém o paralelismo típico que ocorre em dobras monoclinais, com espaçamento mais ou menos regular entre os canais e tributação dos afluentes formando ângulos agudos. A drenagem toma efetivamente o padrão dendrítico a subdendrítico a partir do final da crista, quando passa então a dissecar um conjunto de morros e morrotes de litologia gnáissica.

Nos vales embutidos entre as faixas serranas desenvolve-se um padrão em treliça de falha. A rede de drenagem assume, à medida que se distancia das falhas paralelas no sentido leste, um padrão angular, demonstrando a sobreposição de fraturamentos e a diversidade tectono-estrutural da área.

Alguns indicadores geomorfológicos e hidrológicos, principalmente aqueles que expressam o rearranjo da drenagem em face às atividades tectônicas, foram identificados na área de estudo.

Foram anotados dois pontos de captura (*piracy*) de drenagem. Um deles foi verificado no alto curso do ribeirão Vermelho, onde a drenagem homônima erodiu o divisor de um pequeno afluente.

O outro ponto de captura aferido se refere a um pequeno córrego capturado pelo córrego da Cobras, ainda na bacia do ribeirão Vermelho, ponto em que este faz brusco desvio (Foto 9.1). O divisor foi rompido nas proximidades da foz da referida drenagem, o que permitiu que suas águas fossem pirateadas pelo córrego das Cobras. No ponto de captura, o arrasamento local do divisor determinou um alargamento da planície aluvial através da coalescência entre a planície de inundação do córrego das Cobras e a pequena várzea do tributário capturado, cujo talvegue guarda sedimentos aluviais de natureza argilo-arenosa depositados com a aniquilação do transporte fluvial local. Submetidos ao ressecamento, tais sedimentos sofrem contração e se fendem, formando gretas no assoalho do leito cego.

Além dos pontos de captura verificados, são comuns as mudanças bruscas nas direções dos cursos d'água, o que define uma alta angularidade para a drenagem local, inclusive nos

afluentes, fato que, para Monteiro (1989) pode ser indicativo de influência de fatores de ordem estrutural.

Forte evidência de atividade tectônica recente na área reside na migração lateral de canais de drenagem em relação ao eixo da bacia. Em seu alto curso, o ribeirão Vermelho encontra-se ajustado bem próximo ao divisor da margem direita. Somente a partir do médio curso é que o canal passa a apresentar sinuosidade e manter tendência em se instalar na parte central da bacia de drenagem. Em um trecho de aproximadamente 2,5 km, na alta bacia, o curso d'água em questão desenvolve fluxo praticamente retilíneo, indicando controle estrutural bem definido. O trecho em consideração localiza-se em zona de contato litológico, onde os quartzitos balizam o terreno pela margem direita e seqüências de paragneisses pela margem esquerda.

À montante, onde se processam as primeiras confluências, verifica-se uma certa sinuosidade do canal em função de um sistema de falhas mais recentes, de orientação geral SE-NW, interceptar um conjunto de falhas mais antigas (NE-SW). Nesse setor, pela margem direita, o divisor local fora arrasado parcialmente, o que é evidenciado pelas discontinuidades erosivas que alternam trechos abertos pela erosão com blocos remanescentes isolados na linha divisória (Foto 9.2).

O córrego Caí também apresenta trecho retilíneo pronunciado em seu alto curso, mostrando o forte controle exercido pela estrutura na drenagem local.

Na desembocadura do córrego São Tomé, a confluência com o rio do Peixe se dá numa *shutter ridge* bem marcada por uma falha transcorrente que imprimiu mudança brusca no divisor, que, em função disso, assume a forma de cotovelo. É necessário esclarecer, com base nas exposições de Summerfield (1991), que as *shutter ridges* são formadas onde uma falha desloca a topografia, movendo uma seqüência de cristas de um lado da falha contra as vertentes do lado oposto.

O córrego da Cachoeira, em seu baixo curso, também apresenta desvio em cotovelo numa brusca inflexão para o norte, indicando efeitos de ordem tectônica relacionados a mesma falha transcorrente verificada na desembocadura do córrego São Tomé.

Processos de soerguimento tectônico também são verificados por intermédio de indicadores morfológicos, a exemplo da ocorrência comum de terraços rochosos. Em pontos a meia vertente das serras quartzíticas, ocorre empilhamento de blocos a semelhança dos *thors*, acusando efeitos tectônicos na exposição dos constituintes litológicos, liberando afloramentos para a atuação da água nas diáclases e conseqüente empilhamento de matacões.



Foto 9.1. Arrasamento do divisor no alto curso do ribeirão Vermelho.



Foto 9.2. Captura de drenagem em área de relevo de morros, com alargamento local da planície de inundação.

9.5.2. Análise dos lineamentos

Os critérios adotados para o reconhecimento dos lineamentos foram aqueles enumerados por Liu (1984), e que se referem à interpretação de expressões dos elementos topográficos retilíneos do relevo: linhas ou segmentos de escarpas; alinhamentos de cristas, vales e trechos de rios; lagos ou linhas de costa alongadas; depressões alongadas. Além disso, é reconhecido que os lineamentos podem ser identificados com base em feições lineares que dividem terrenos com texturas e tonalidades distintas.

Em virtude da escala utilizada (1/50000), lineamentos regionais de grande expressão aparecem segmentados e interceptados por outros lineamentos de menor extensão por força dos esforços tectônicos locais que colocam em tela o regime transcorrente neotectônico.

Incluindo no conteúdo de análise apenas os lineamentos com maior expressão, observa-se que aqueles com orientação preferencial NE-SW são os mais contundentes, apresentando maior continuidade e acusando as falhas principais. Os lineamentos em questão estão relacionados às falhas proterozóicas reativadas correspondentes às zonas de cisalhamento locais, e exercem controle em drenagens importantes na rede hidrográfica, destacadamente nos cursos d'água que se alojam entre as faixas quartzíticas, adaptados às falhas e marcando a zona de cisalhamento, a exemplo do córrego do Cantagalo e do ribeirão Lavarejo. O primeiro curso d'água mencionado estabelece confluência ortogonal com o rio do Peixe, de caráter superimposto e que, na área, toma direção preferencial SE-NW.

As direções NE-SW constituem importantes alinhamentos tectônicos nos terrenos cristalinos do Brasil Sudeste, sentido em que se orienta a Descontinuidade Crustal do Alto Rio Grande, que marca os limites entre os crátons do Paraná e do São Francisco. Dessa forma, tal alinhamento é dotado de significativa continuidade regional, perseguindo a zona de cisalhamento morfologicamente expressa pelas cristas monoclinais. Analisado em escala de semi-detálhe (1/50000), desvios locais desse tipo passam a serem percebidos, função do componente transcorrente responsável pela geração de desalinhamentos pontuais em função do rejeito horizontal, conforme ocorre no setor norte da área de estudo, onde a linha de falha sofre inflexão para leste e compromete a retilinidade do falhamento principal. De qualquer modo, os lineamentos em tela funcionam como importantes controladores do relevo em escala regional e local, perseguindo as cristas quartzíticas ao longo das zonas de cisalhamento em drenagens adaptadas que tributam os rios superimpostos.

São comuns também os lineamentos de orientação geral NW-SE, numa superimposição de falhas que controla estruturalmente cursos d'água de menor expressão longitudinal e uma série de confluências locais.

Componentes de sentido N-S e E-W aparecem em trechos curtos, correspondendo, comumente, à falhas transcorrentes que controlam desvios em baioneta e algumas confluências.

Os lineamentos E-W são caracterizados por segmentos não muito longos, sendo plausível admitir que tais estruturas façam referência à falhas transcorrentes dextrais, que, da maneira que é exposta por Silva (1997), são concordantes com o binário dextral E-W neotectônico.

Os lineamentos de direção N-S também possuem tamanho discreto, e aparecem em alguns segmentos de drenagem. São, provavelmente, correspondentes à falhas transcorrentes sinistrais.

As falhas transcorrentes também podem manter preferência de orientação NE-SW quando relacionadas com as zonas de cisalhamento proterozóicas. Uma falha desse tipo foi responsável por deslocamento dos morros e geração de *shutter ridges* paralelas na desembocadura de uma série de cursos d'água que nascem no reverso da Serra de São Tomé (córrego São Tomé, córrego da Cachoeira), conforme foi mencionado, constituindo feições topográficas peculiares para este regime tectônico dispostas ao longo da zona falhada.

A Figura 9.5 traz a representação cartográfica dos lineamentos extraídos, e que representam os principais verificados na área.



9.5.3. Apresentação e discussão dos índices geomórficos

9.5.3.1. O Fator assimetria

O índice geomórfico em questão foi aplicado, conforme anteriormente escalrecido, para algumas bacias hidrográficas adstritas ao município que foram previamente selecionadas conforme seu interesse morfotectônico e devidamente distribuídas pelo território municipal. Segue-se a mensuração dos índices para as bacias do ribeirão Vermelho, córrego da Cachoeira, córrego São Thomé, córrego Cantagalo, córrego Cai e córrego Ventura.

O fator de assimetria (FA) desenvolvido por Keller & Pinter (1996) resultou, para a bacia do ribeirão Vermelho, num valor de 30,7. O valor obtido, inferior a 50, indica basculamento da margem direita. Tal efeito eleva sensivelmente a altitude do norte em direção ao sul. Com a margem esquerda sobrelevada, incidem nesse setor todos os afluentes de expressão, sendo que os tributários da margem direita são representados por um conjunto de pequenos cursos d'água que nascem no divisor e tributam a drenagem principal após perfazerem pequenas extensões de fluxo superficial.

Todos os afluentes de expressividade se localizam na margem esquerda, e podem ser compartimentados segundo as microbacias que particularizam. Mantém padrão paralelo a subparalelo ao longo do alto curso, onde são controlados por dobras monoclinais, tomando padrão dendrítico a subdendrítico a partir do médio curso, onde começam as tributações. O tributário de maior equidistância, localizado no extremo oposto da bacia, que nasce nos flancos do divisor da margem esquerda, só vai tributar o ribeirão Vermelho bem perto de sua foz.

Foi identificado um sistema de falhamento SE-NW se superimpondo a um sistema NE-SW. O imbricamento dos dois sistemas comanda as principais confluências na média bacia.

A assimetria da margem esquerda do ribeirão Vermelho e o mergulho de blocos são fenômenos bastante evidentes. Na extremidade esquerda do talvegue, de assoalho rochoso e praticamente desprovido de sedimentos no alto curso, os limites com a topografia adjacente pela margem esquerda são abruptos, onde taludes íngremes estabelecem desnível altimétricos superiores a 50 metros em relação ao leito do canal fluvial. Pela margem direita o relevo é consideravelmente mais suavizado até se conectar com a linha divisória. Ainda que a drenagem em questão se aproxime do divisor da margem direita em seu alto curso, fato este

derivado de fatores tectônicos, o talvegue apresenta caimento para o lado esquerdo da bacia, onde o fluxo se acomoda.

A bacia do córrego da Cachoeira, paralela à do Ribeirão Vermelho pelo lado sul, também apresentou assimetria. O canal principal encontra-se próximo do divisor da margem direita em grande parte de sua extensão, num notório processo de migração lateral por conta do soerguimento diferencial. A mensuração do Fator de assimetria corrobora tal constatação, revelando um resultado de 31,3%, o que denuncia uma assimetria da margem esquerda em nível semelhante ao da bacia anterior.

Na margem esquerda, onde as declividades são mais suavizadas e as altitudes sensivelmente mais elevadas, ocorrem as confluências dos tributários mais expressivos sob nítido controle estrutural, ao passo que, pela margem direita, apenas tributários de pequena extensão e de largura muito fina desembocam no córrego da Cachoeira.

A bacia do Córrego São Thomé, da mesma maneira que as duas anteriores, com as quais mantém paralelismo, localiza-se no setor oeste do município, matendo as cabeceiras no reverso da Serra de São Thomé. Está disposta paralelamente à bacia do Córrego da Cachoeira pelo sul.

Tal sistema hidrográfico apresenta assimetria mais baixa (43,7 %) que as anteriores. No entanto, apresenta o mesmo esquema de superimposição de falhas recentes sobre falhamentos mais antigos controlando as afluentes. Levemente assimétrica pela margem esquerda, é por esse setor que descem a maior parte dos afluentes de maior expressão.

O padrão de assimetria da margem esquerda mantida pelas bacias hidrográficas que ocupam o reverso da Serra de São Tomé aponta basculamento de blocos no sentido predominante NW.

A bacia do Córrego Cantagalo ocupa outro contexto geológico-geomorfológico. É limitada pelas escarpas abruptas da Serra de São Tomé e pelo reverso da Serra do Cantagalo, mantendo a drenagem central alojada em terraço litologicamente composto por micaxistos cobertos por depósitos quaternários embutidos entre as faixas quartzíticas. Corresponde ao lineamento principal verificado na área, de orientação geral NE-SW, orientação esta que toma a bacia, num formato alongado que se estreita das nascentes em direção à foz.

O cálculo de FABD para a bacia em consideração (73,7) acusou assimetria da margem direita, e a migração do canal também se deve à tectônica transcorrente responsável pela geração de lineamentos locais que interceptam o principal. No baixo curso o terraço se estreita abruptamente, o que pode ser mais um indicativo de soerguimento tectônico. Pires Neto (1996) lembra que efeitos de soerguimento e subsidência podem provocar alterações

morfológicas ao longo do vale, como o seu estreitamento ou alargamento pronunciado, com reflexos nos padrões de sedimentação e nas características granulométricas dos sedimentos associados.

O Córrego Caí desenvolve seu curso paralelamente ao Córrego Cantagalo, mantendo mesma orientação geral que o anterior e percolando no sopé da Serra do Cantagalo em sua vertente orientada para ESE. Por quase metade de seu curso o córrego Caí se encaixa na linha de falha e se apresenta anormalmente retilíneo no sentido NE-SW, indicando forte controle estrutural. No médio curso sofre ligeira inflexão para leste. Pela margem direita tributam os afluentes provenientes da dissecação do bloco falhado, e pela margem esquerda os afluentes controlados por lineamentos SE-NW, que dissecam um compartimento de relevo amorreado.

O valor de FABD mensurado para a bacia do Córrego Caí foi de 78,2, acusando assimetria da margem direita, em padrão semelhante ao Córrego Cantagalo, com o qual mantém paralelismo. Ambas as bacias hidrográficas guardam consonância com a direção principal das estruturas tectônicas do sudeste brasileiro.

Para o Córrego Ventura o valor obtido foi da ordem de 36,8, o que acusa assimetria da margem esquerda. De orientação geral S-N, sofre maior migração lateral no médio curso.

O Quadro 9.2 organiza os valores de FABD obtidos segundo sua escala de intensidade, conforme proposição de Rubin (2002) na qual os valores inferiores a 25 indicam uma bacia muito assimétrica, os valores entre 25 e 35 uma bacia medianamente assimétrica e aqueles valores situados entre 35 e 45 representam uma bacia de drenagem pouco assimétrica. Valores encontrados entre 45 e 55 são representativos de uma bacia pouquíssimo assimétrica, e a seqüência que segue, agora para mostrar assimetria da margem direita, obedece aos mesmos intervalos.

Quadro 9.2. Escala de intensidade para FABD.

Bacia de drenagem	FABD	Intensidade
Córrego da Conquista	18,2	Muito assimétrica
Ribeirão Vermelho	30,7	Medianamente assimétrica
Córrego da Cachoeira	31,3	Medianamente assimétrica
Córrego São Tomé	43,7	Pouco assimétrica
Córrego Cantagalo	73,7	Medianamente assimétrica
Córrego Caí	70,2	Medianamente assimétrica
Córrego Ventura	36,8	Pouco assimétrica

9.5.3.2. O Fator Simetria Topográfica Transversal (FSTT)

Para a mensuração do fator de simetria topográfica transversal (T) na bacia do ribeirão Vermelho foram pontuados, de jusante para montante, cerca de 7 seções de medição equidistantes 2 km, e os resultados encontrados seguem discriminados no Quadro 9.3. A representação dos valores segue na Figura 9.6.

Quadro 9.3. Valores de T para a bacia do Ribeirão Vermelho

SEÇÃO	VALOR DE T
1	0,0
2	0,10
3	0,20
4	0,45
5	0,75
6	0,59
7	0,61

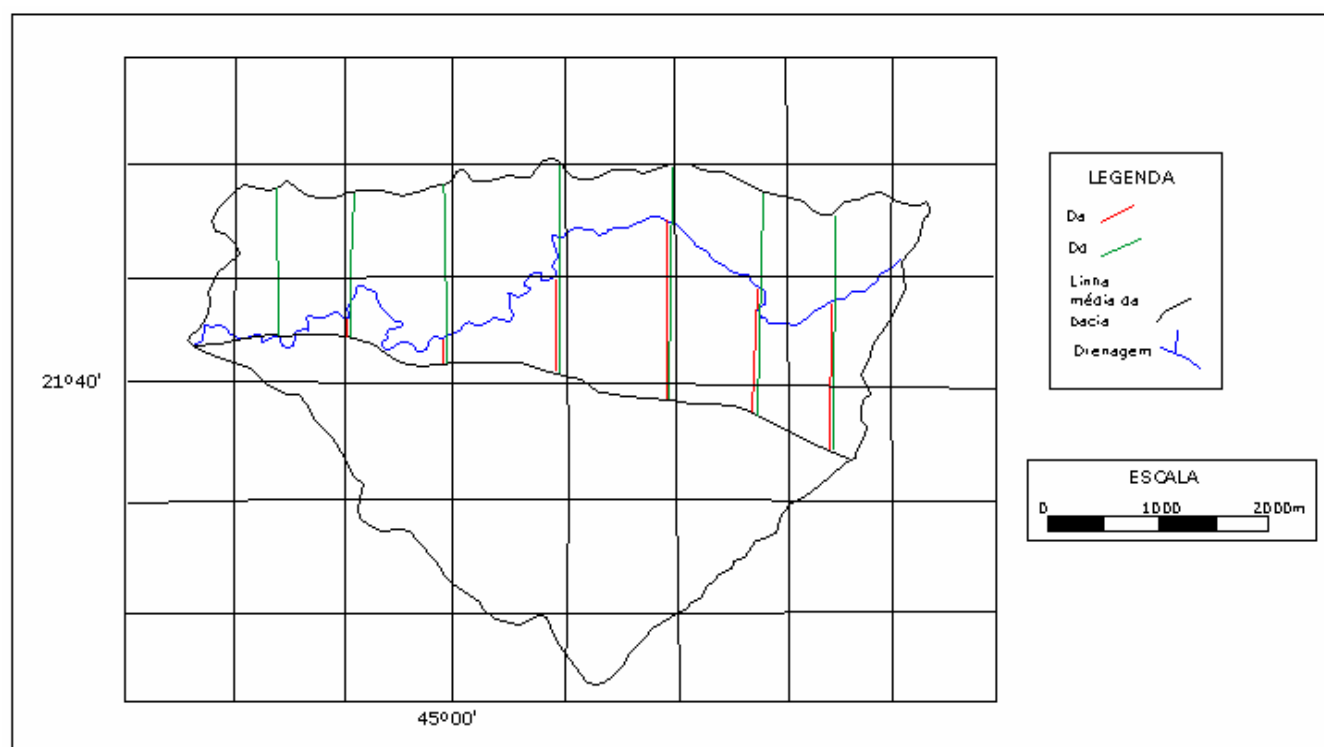


Figura 9.6. Representação dos valores de T para a bacia do Ribeirão Vermelho.

Os valores obtidos mostram um aumento da assimetria de jusante em direção à montante, o que toma maior expressividade nas seções 8 e 9, seguidas de um sensível decréscimo perto das cabeceiras.

O trecho de maior assimetria se refere ao setor em que o Ribeirão Vermelho migra de maneira mais excessiva em relação ao eixo da bacia, sendo que a drenagem se torna mais simétrica nos setores mais rebaixados da baixa bacia, onde o canal é mais sinuoso e se aproxima do eixo principal da bacia de drenagem.

O Fator de Simetria Topográfica Transversal (T) medido na bacia do Córrego da Cachoeira indicou comportamento simétrico próximo às cabeceiras e, não menos, nas proximidades da desembocadura, onde a drenagem ajeita-se na parte central da bacia. Os trechos de maior assimetria foram verificados ao longo do médio curso do córrego da Cachoeira. O Quadro 9.4. traz os valores obtidos, e a Figura 9.7 espacializa, no interior da bacia de drenagem, os pontos amostrados.

Quadro 9.4. Valores de T obtidos para a microbacia do córrego da Cachoeira.

SEÇÃO	VALOR DE T
T1	0,05
T2	0,33
T3	0,47
T4	0,37
T5	0,06

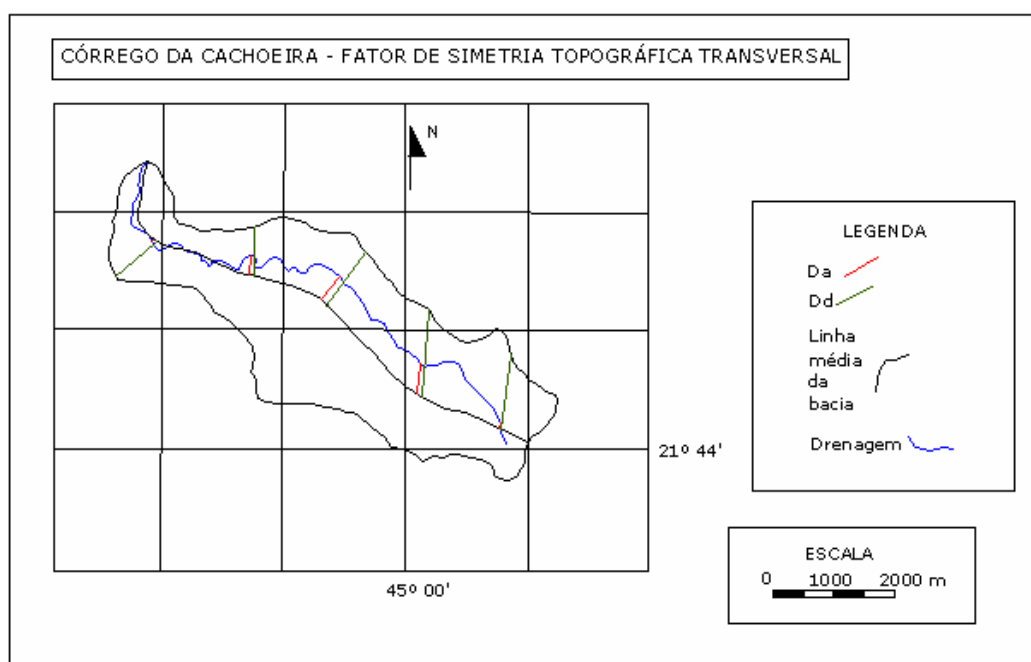


Figura 9.7. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego da Cachoeira.

A microbacia do córrego São Tomé apresenta uma assimetria menos pronunciada que as anteriores, conforme indicou a mensuração do Fator assimetria e da maneira que é complementado pelo Fator de Simetria Topográfica Transversal medido para o referido sistema hidrográfico, cujos pontos mensurados são apresentados no Quadro 9.5.

Quadro 9.5. Valores de T obtidos para a microbacia do Córrego São Tomé.

SEÇÃO	VALOR DE T
T1	0,27
T2	0,16
T3	0,26
T4	0

A baixa assimetria é constatada pela verificação dos valores expostos no quadro acima, onde nem um deles é superior ou igual a 0,3, com destaque para uma seção onde a bacia de drenagem é simétrica, com a drenagem central perfazendo seu fluxo superficial na linha média da bacia. A Figura 9.8 dá conta da representação dos pontos amostrados na microbacia do Córrego São Tomé.

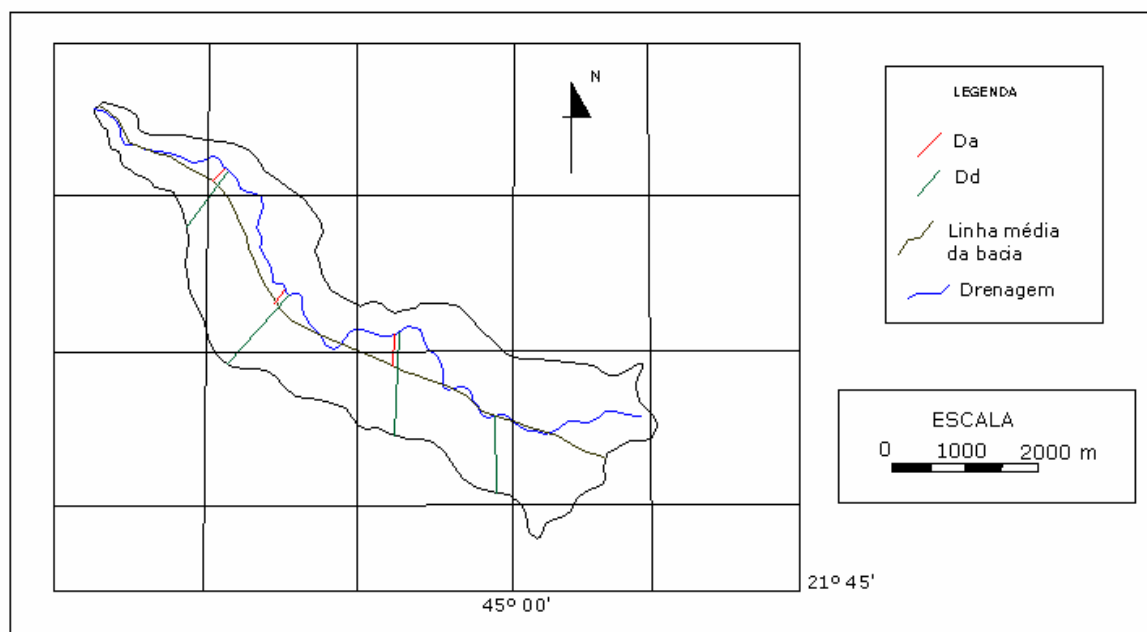


Figura 9.8. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego São Tomé.

Os pontos amostrados para o cálculo de T para a bacia do Córrego Cantagalo capturaram os maiores valores no médio curso, onde o canal se aproxima da vertente oeste da Serra do Cantagalo, sendo que um valor nulo foi verificado no alto curso, nas proximidades das cabeceiras. O curso d'água em questão se encontra nitidamente adaptado ao falhamento, assumindo maior retilinidade no alto curso e se encaixando mais expressivamente no baixo curso, até tributar o Rio Caí em um sistema de baioneta. Nesse caso, a drenagem está adaptada a condicionantes morfoestruturais, seguindo os alinhamentos tectônicos principais do sudeste brasileiro, apresentando assimetria pouco pronunciada.

Os valores de T para a bacia do Córrego Cantagalo aparecem organizados no Quadro 9.6, e a representação cartográfica do sistema hidrográfico na Figura 9.9.

Quadro 9.6. Valores de T obtidos para a bacia do Córrego Cantagalo.

SEÇÃO	VALOR DE T
T1	0,26
T2	0,19
T3	0,12
T4	0,08
T5	0



Figura 9.9. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego Cantagalo.

Os cálculos empreendidos para a obtenção dos valores de T para a bacia do Córrego Caí foram relativamente baixos, com um valor igual a 0 no alto curso, o que também decorre de sua adequação à morfoestrutura, representando seção dos lineamentos principais verificados na área. A curta extensão do sistema hidrográfico possibilitou que fossem amostradas apenas três seções, que aparecem no Quadro 9.7, e sua respectiva representação cartográfica na Figura 9.10.

Quadro 9.7. Valores de T obtidos para a bacia do córrego Caí.

SEÇÃO	VALOR DE T
T1	0,25
T2	0,12
T3	0

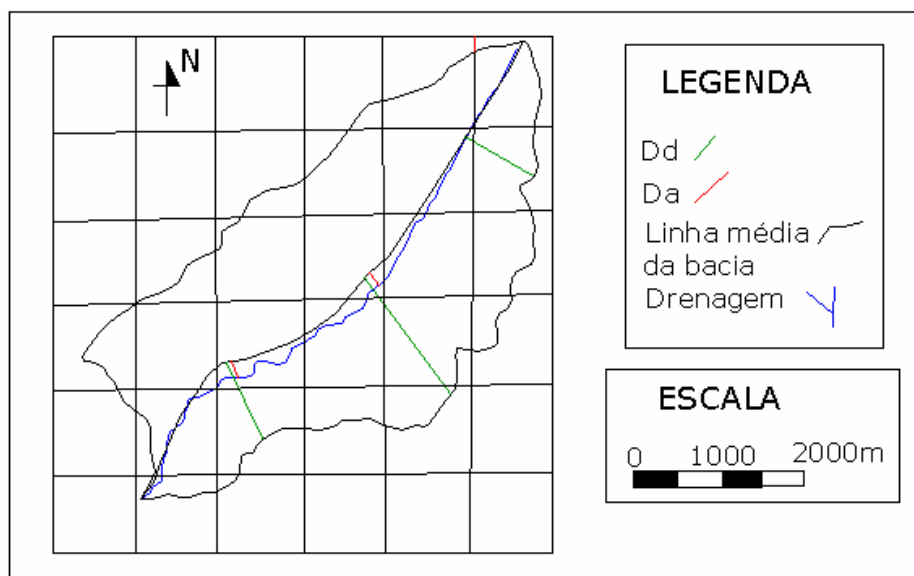


Figura 9.10. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do córrego Caí.

A bacia de drenagem do Córrego Ventura também possui pequena expressão areal, permitindo, dentro do intervalo estipulado de 2 km, a realização das medições em três pontos, contidos no Quadro 9.8. A representação aparece na Figura 9.11.

Quadro 9.8. Valores de T obtidos para a bacia do córrego Ventura.

SEÇÃO	VALOR DE T
1	0,30
2	0,35
3	0

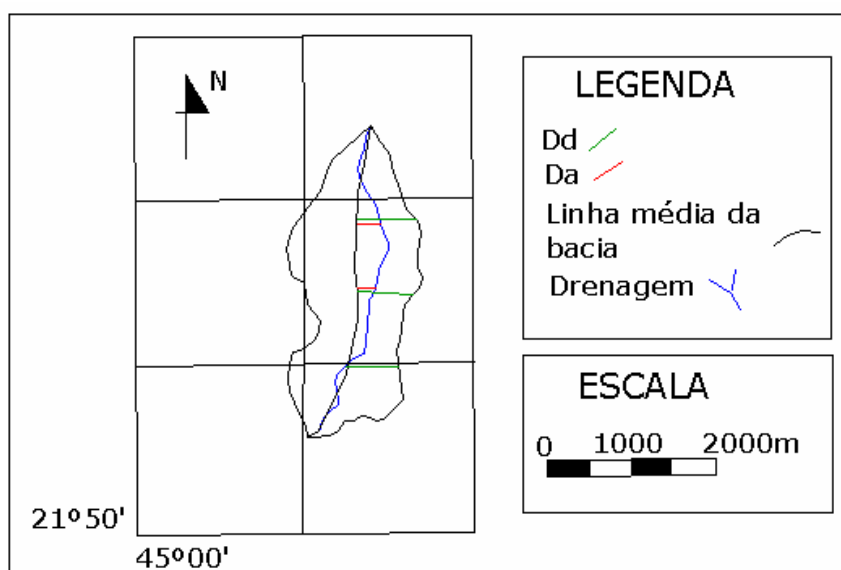


Figura 9.11. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do córrego Ventura.

Entre as bacias hidrográficas avaliadas, é a do Córrego da Conquista que apresenta assimetria mais pronunciada, com uma proximidade do canal com sua margem esquerda por praticamente toda a extensão deste pequeno e alongado sistema hidrográfico. Não ficou nítido um condicionante tectônico local para explicar tal assimetria de maneira segura, que pode estar ligada a soerguimentos diferenciais distribuídos pelos blocos a serem avaliados com mais acuidade. O que se pode constatar de imediato é que a migração lateral incide para um setor de relevo mais rebaixado e suavizado, estando bem perto, senão demarcando, uma zona de contato litológico que foi aferida em outros pontos da área de estudo e que foi mencionada.

Quadro 9.9. Valores de T obtidos para a bacia do córrego da Conquista.

SEÇÃO	VALOR DE T
1	0,32
2	0,33
3	0,42
4	0,6

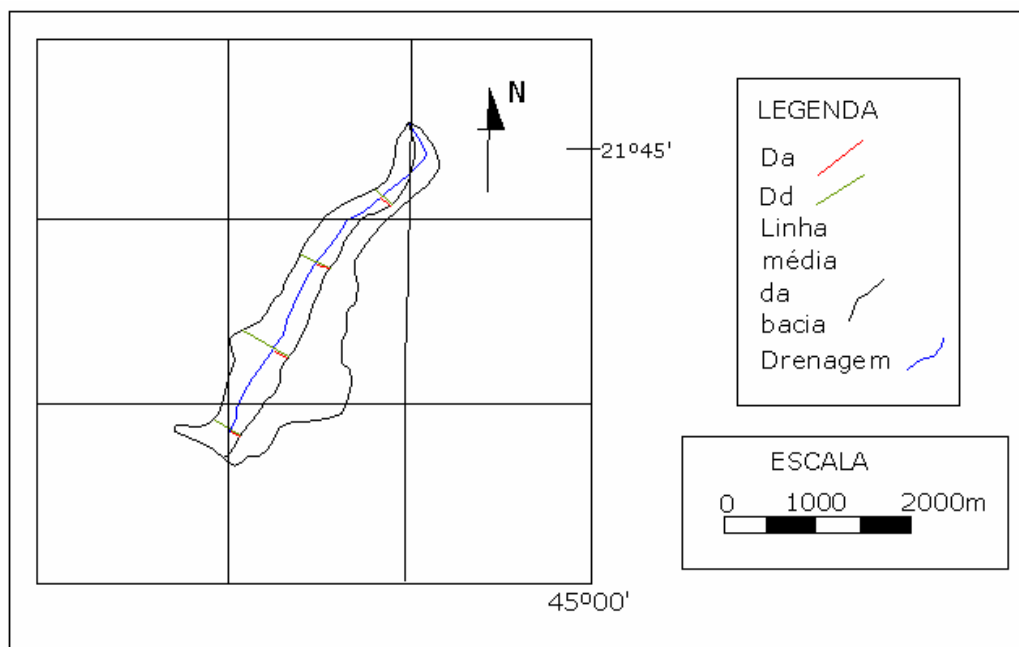


Figura 9.12. Representação dos valores de T obtidos para a bacia do Córrego da Conquista.

CAPÍTULO 10

10. COMPARTIMENTAÇÃO DO MEIO FÍSICO

De posse dos postulados depositados no método sistêmico e dos elementos apreendidos acerca da evolução morfoclimática e tectônica da área, foram discernidos diferentes compartimentos que recebem como símbolo letras maiúsculas para designar as características morfológicas centrais e letras minúsculas para identificar traços mais específicos dos padrões de formas e processos atuantes para uma melhor diferenciação entre as unidades de paisagem, cuja representação cartográfica se dificulta pela própria escolha de cores contrastantes.

O documento cartográfico que representa os compartimentos foi elaborado a partir da análise do relevo, tendo como subsídio a carta geomorfológica previamente editada na seqüência de apresentação dos resultados da pesquisa, procurando apreciar o papel fundamental da topografia no estabelecimento de unidades de paisagem em terrenos de relevo vigoroso. Todavia, também acusa a interferência que assume outros atributos da paisagem atuando em conjunto com o sistema geomorfológico.

10.1. O mapeamento geomorfológico

Algumas primeiras comunicações lavradas por geógrafos brasileiros a respeito da cartografia geomorfológica se referem às considerações de Moreira (1969), com orientações fortemente inspiradas nas grandezas têmporo-espaciais de Andrés Cailleux e Jean Tricart, e as de Ab'Sáber (1969), que faz revisão geral sobre os trabalhos de tal ordem e recomenda que as cartas geomorfológicas sejam elaboradas em consonância com os domínios morfoclimáticos:

Pode-se afiançar que, se os diversos conjuntos de legendas morfológicas que venham a ser elaborados por técnicas topográficas e morfológicas não tiverem sensibilidade para nos apresentar os fatos básicos das principais conjunturas paisagísticas regionais brasileiras, terão sido inúteis todos os esforços de uma geração de especialistas. Recomendamos para os cartógrafos-geomorfologistas a composição de séries diferenciadas de legendas, suficientemente integráveis e combináveis, para atender objetivamente à representação dos fatos de paisagem dos diferentes domínios morfoclimáticos do país” (AB’SÁBER, 1969, p. 08).

Os princípios contidos nos trabalhos supracitados, que previam para a carta geomorfológica elementos como a base geológica, a altimetria, as formações superficiais, os processos atuantes, a cronologia quaternária, além da fixação, delimitação e descrição das formas de relevo, deu as bases para o Projeto RADAMBRASIL elaborar os primeiros ensaios para a sua cartografia geomorfológica, viabilizada segundo uma metodologia organizada em quatro fases (BARBOSA, 1983).

É patente a influência dos princípios expostos por Cailleux e Tricart na metodologia do projeto RADAMBRASIL, que adota uma ordenação taxonômica descrita por Barbosa (1983) e que é representada no Quadro 10.1.

Quadro 10.1. Ordenação taxonômica utilizada no Projeto RADAMBRASIL.

ORDEM DE GRANDEZA	EXPRESSÃO GEOMORFOLÓGICA	CORRESPONDENTE NA ÁREA DE ESTUDO
1º Taxon	Domínios morfoestruturais: grandes conjuntos estruturais que geram arranjos regionais de relevo que guardam relação de causa entre si	Domínio remanescente de cadeias dobradas
2º Taxon	Regiões Geomorfológicas: grupamentos de unidades geomorfológicas dotadas de semelhanças resultantes da convergência de fatores envolvidos na sua evolução	Planalto do Alto Rio Grande
3º Taxon	Unidades Geomorfológicas: associação de formas de relevo recorrentes, geradas a partir de uma evolução comum.	Planalto de Andrelândia
4º Taxon	Modelados: aplanamento, dissecação, dissolução, acumulação.	Cristas monoclinaes, terraços, conjunto de morros e morrotes, etc.

Adaptado de Barbosa (1983).

Os níveis taxonômicos trabalhados no Projeto RADAMBRASIL não estabelecem congruência direta com aqueles apresentados por Tricart (1965), que inicia a ordenação mediante as diferenciações elementares entre os continentes e as bacias oceânicas e com base nas diferentes zonas climáticas, segundo uma perspectiva global, o que não diminui a clareza da influência do geógrafo francês no desenvolvimento de uma metodologia voltada ao mapeamento geomorfológico em escala regional. Também é interessante a presença do conceito de domínio, aqui provido de forte conotação geológico-estrutural:

“Este táxon organiza a causa de fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia com os elementos geotectônicos, os grandes arranjos estruturais e eventualmente a predominância de uma litologia conspícua. Esses fatores geram arranjos regionais de relevos com formas variadas mas que guardam relações de causa entre si. Podem ser, por

exemplo, restos de cadeias dobradas, grandes maciços de rochas cristalinas, bacias sedimentares, ou conjuntos de formas de acumulação recente. Identificam-se, ainda, como Domínios, grandes áreas onde a erosão obliterou os efeitos litológicos ou trancou as estruturas, como os pediplanos ou as depressões periféricas” (BARBOSA, 1983, p. 14).

Em sobreposição direta aos níveis taxonômicos de Tricart (1965), a proposição do Projeto RADAMBRASIL pode se adequar, conforme o caso, ao terceiro ou quarto táxon. A noção de domínio também é trabalhada por Bertrand (1971) como unidade de segunda grandeza, sendo reservado ao conceito de zona o topo da hierarquia. Reconhecemos, no entanto, que a hierarquização dos fatos geomorfológicos e paisagísticos não pode ser um procedimento rígido, devendo ser adaptado conforme a realidade geográfica a ser trabalhada. O próprio Bertrand (1971, p. 10) advoga no sentido de que “a definição do domínio deve ficar suficientemente maleável para permitir reagrupamentos diferentes nos quais a hierarquia dos fatores pode não ser a mesma”.

A edição do mapa geomorfológico apresentado seguiu elementos das orientações de Ross (1990, 1992) acessoradas pela metodologia de Ponçano *et al.* (1981) e serviu de subsídio para a compartimentação do meio físico, bastante inspirada na conformação do relevo em relação estreita com os demais atributos formadores da paisagem. A inspiração geomorfológica por trás da compartimentação ressalta a possibilidade e potencial de utilização das características do relevo para o estudo integrado do meio físico e para o discernimento de limites entre os sistemas, estabelecendo-se assim as diferentes unidades paisagísticas.

Ross (1990, 1992) estabelece níveis taxonômicos a serem levados em conta para a elaboração de uma carta geomorfológica, com forte inspiração em Cailleux & Tricart, na proposição metodológica de Demek & Mescherikov, e no tratamento técnico levado a efeito pelo Projeto Radambrasil. Cada táxon personifica as unidades de relevo terrestre em ordem crescente de detalhe e cronologicamente decrescente (quanto maior o valor numérico do táxon, mais recente a idade do modelado), fornecendo as diretrizes e possibilidades de representação dos fatos geomorfológicos de acordo com a escala a ser trabalhada.

Os níveis taxonômicos referentes à metodologia empregada são assim descritos:

-1º Táxon – Corresponde às unidades morfoestruturais, ou seja, grandes macroestruturas como a bacia do Paraná e o Planalto Atlântico.

-2º Táxon – Referente às unidades morfoesculturais, que correspondem aos compartimentos e subcompartimentos pertencentes à determinada morfoestrutura, como as depressões periféricas da bacia do Paraná e os planaltos em patamares intermediários do Planalto Atlântico.

-3º Táxon – Faz referência aos *Padrões de Formas Semelhantes*, que constituem conjuntos de formas menores do relevo que guardam similaridades entre si em função de uma série de características: rugosidade topográfica, grau de dissecação, formato dos topos, vertentes e vales.

-4º Táxon – Corresponde às formas de relevo encontradas em determinado conjunto de formas semelhantes, e podem constituir modelados de agradação (planícies fluviais, lacustres ou marinhas, terraços fluviais ou marinhos) ou de denudação (colinas, morros, cristas).

-5º Táxon – Em ordem decrescente de dimensão e idade, este nível taxonômico se refere às vertentes ou setores de vertentes pertencentes a cada uma das formas de relevo identificadas no táxon anterior.

-6º Táxon – Se refere às formas menores do relevo produzidas por processos atuais, como ravinas, voçorocas, assoreamentos, terracetes de pisoteio do gado, cicatrizes de deslizamento, entre outras.

A representação aqui elaborada situa-se no terceiro e no quarto táxon, uma vez que algumas formas de relevo, notadamente as cristas monoclinais que puderam ser isoladas no quarto táxon, foram discernidas num conjunto de formas de expressão regional, bem como planícies e terraços aluviais.

Os *Padrões de Formas Semelhantes* se definem por conjuntos de tipologias de formas que mantêm entre si elevado grau de semelhança em termos de tamanho e aspecto fisionômico, e podem ser derivados de duas linhagens genéticas, uma de acumulação, e outra de denudação (ROSS, 1992).

Para a área de estudo, a orientação metodológica em questão resultou na seguinte organização taxonômica, que leva em conta forma, gênese, cronologia e processo atuante, e que estão grafadas no Quadro 10.2:

Quadro 10.2. Sistemas de relevo encontrados segundo sua ordenação taxonômica.

	1º Táxon	2º Táxon	3º Táxon	4º Táxon
Modelado	Estruturas dobradas em cinturões orogênicos – Planalto do Alto Rio Grande	Planaltos e serras residuais – Planalto de Andrelândia	Padrão em cristas, morros e morrotes	Cristas monoclinaes, terraços e planícies aluviais
Gênese	Dobramentos pré-cambrianos – colagem brasileira	Aplainamentos regionais	Processos de dissecação	Dissecação e sedimentação
Cronologia	Neoproterozóico	Terciário Inferior e Médio	Quaternário	Quaternário

Org: MARQUES NETO, R.

No conjunto de formas, táxon que exerce predominância na representação aqui proposta, foram discernidos compartimentos que não correspondem, necessariamente, a formas isoladas, mas que acusam unidade sistêmica em função do arranjo, distribuição, posicionamento e padrões de inter-relação e interdependência entre as variáveis componentes do sistema, que são as unidades de paisagem ou compartimentos do meio físico.

Os critérios morfométricos que subsidiaram a edição da carta geomorfológica se orientaram através da metodologia proposta por Ponçano *et al.* (1981) (Quadro 10.3).

Quadro 10.3. Critérios utilizados para o estabelecimento de categorias do relevo.

Conjunto de Sistemas de Relevo	Declividades Predominantes	Amplitudes Locais
Relevo colinoso	0 a 15 %	< 100 m
Relevos de morros com encostas suavizadas	0 a 15 %	100 a 300 m
Relevo de morrotes	> 15 %	< 100 m
Relevo de morros	> 15 %	100 a 300 m
Relevo montanhoso	> 15 %	> 300 m

Fonte: Ponçano *et al.* (1981).

As amplitudes locais foram medidas a partir de todos os pontos cotados com valor grafado nas cartas até os vales adjacentes. No caso da existência de cursos d'água em todas as direções, seguiu-se preferencialmente a direção dos pontos cardeais, sendo feitos desvios propositalmente quando estes não coincidiam com a linha do talvegue. Dessa forma, obteve-se valores de desnível para diferentes orientações da vertente, sendo posteriormente calculada a média para o local. Associando através da soma as médias locais e dividindo o valor pelo número de valores médios obtidos, foi possível estimar a amplitude média para cada conjunto geomorfológico, que foi comparada com os valores absolutos. Foi acrescentado, para cada

medição, um valor de 10 metros para, tentativamente, aproximar a altimetria dos fundos de vale, uma vez que o valor arbitrado corresponde à metade da equidistância das curvas-de-nível, levando em conta que o talvegue, necessariamente, se encontra em cotas mais baixas que aquelas das isolinhas envolventes.

Entre os modelados de dissecação, o relevo composto por morrotes predomina em três padrões de formas, aparecendo em conjunto com morros e com morros de encostas suavizadas.

No setor SW do município, o padrão de formas é composto unicamente por morrotes, com vertentes mais curtas e dissecação horizontal mais intensa do que o verificado nos setores onde ocorre em associação com morros. Nesse setor as declividades são, via de regra, superiores a 15% e as amplitudes locais inferiores a 100 metros, sendo a máxima de 117 metros e a média, para todo o conjunto, de 52,1 metros. Os valores medidos se agrupam consideravelmente próximos da média, com grande parte das observações situadas ligeiramente abaixo da média (inclusive o valor apontado para a mediana) e uma sensível dispersão dos valores acima da média, onde amplitudes extremas situadas entre 63 e 73 metros pesam no sentido de um deslocamento da média em direção a estes valores, que assume, dessa maneira, um valor superior ao da mediana, acusando uma assimetria positiva para o conjunto de dados analisados.

Onde os morrotes aparecem em conjunto com morros, aqueles estabelecem amplitudes locais inferiores a 20 metros até valores que se aproximam de 100 metros. Os desníveis altimétricos impostos pelos morros atingem 128 metros. Para o conjunto em questão, a amplitude máxima é de 234 metros, e a média de 97,8 metros, acusando o predomínio dos morrotes sobre os morros. Nesse caso, a dispersão dos valores é maior, tanto acima como abaixo da média, atingindo extremos de 63 metros e 131,5 metros de amplitude local, uma vez que morros e morrotes padronizam a paisagem, cada um deles assumindo padrões morfométricos diferenciados entre si, o que contribui para uma maior variedade nos valores obtidos. A média é ligeiramente superior ao valor da mediana por conta do peso imposto pelas amplitudes altimétricas dos morros, o que acusa, também para o conjunto de dados em questão, um caráter de assimetria positiva.

No setor onde os morros com encostas suavizadas aparecem acessoriamente aos morrotes (predominantes) e morros, a amplitude total é de 228 metros e a média para o setor de 75,08 metros. Em alguns setores as declividades se suavizam em valores inferiores a 15%, marcando algumas extensas vertentes retilíneas. Da mesma maneira que no conjunto anterior, foi verificada considerável dispersão dos dados em função de, nesse caso, corresponderem a

medidas para três tipos de formas identificadas dentro de um mesmo setor. Se considerada a média obtida mediante trato dispensado apenas aos dados referentes aos morrotes, inexoravelmente será constatada uma aproximação da média pelos valores em questão, padrão este que se dispersa à medida que os outros valores são analisados conjuntamente. Também para este caso, a mediana apresenta valor inferior ao da média total, fazendo os dados assumirem assimetria positiva.

Ao longo das duas faixas de cristas monoclinais, as amplitudes médias ultrapassam a ordem de 300 metros entre as cumeadas e os vales adjacentes, assumindo maior valor médio para a Serra de São Tomé (372, 4 metros), que estabelece amplitude topográfica máxima com o talvege do Ribeirão Lavarejo na ordem de 577 metros. A Serra do Cantagalo, cujas vertentes são mais curtas no setor oeste, estabelece valores médios de amplitude de 312 metros, com amplitude máxima de 467 metros. Em ambos os casos, as amplitudes locais são quase sempre superiores a 300 metros, acusando o aspecto escabroso do relevo em questão. Os valores são, portanto, bastante uniformes, determinando uma considerável concentração destes em torno da média e uma baixa dispersão.

A partir da vertente leste da Serra do Cantagalo, um prolongamento mais rebaixado abriga paralelamente em vertentes bastante íngremes (declividades superiores a 30%) dois cursos d'água (córregos Caí e do Areão) cujas altitudes decaem em direção ao sul, em mudança gradual para o conjunto de formas adjacente.

Para os modelados de agradação, foram mapeadas planícies alúvio-coluvionares alargadas bastante desenvolvidas em relação à largura dos canais fluviais, com formação de alvéolos e mostrando controle tectônico em sua formação.

Os terraços pedimentares, embora confinados num contexto de falhas que confere à área aspecto de hemigráben, mostram elementos mais claros de processos de pedimentação vigentes em climas mais secos que os atuais, se alargando sob forte influência do recuo paralelo das vertentes, em situação genético-evolutiva bastante semelhante aos esquemas clássicos de evolução do relevo propostos para as zonas tropicais. É interessante ressaltar, entretanto, os efeitos tectônicos atuando em conjunto no sistema evolutivo, o que tende a insinuar a interferência de outras variáveis na explicação da evolução do conjunto em questão, o que sugere cautela no tocante a uma adesão incondicional aos modelos tradicionais.

Os parâmetros quantitativos que a proposição de Ponçano et al. (1981) leva em conta encontrou utilidade como auxiliadora no estabelecimento da nomenclatura a ser utilizada e deu critério para a designação dos conjuntos de formas. No entanto, lançando mão de apenas duas variáveis, não oferece informações diretas quanto à gênese e cronologia, trabalho a que

se presta melhor a metodologia inspirada na Escola Francesa, amplamente difundida na pesquisa geomorfológica brasileira e na qual a abordagem sistêmica se inscreve explicitamente.

A carta geomorfológica editada para o município de São Thomé das Letras consta na Figura 10.1.

CARTA GEOMORFOLÓGICA DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG)



Dr. MARCOS BRITO, Jr.
Bacharel em Geografia, 1982, 1988

Figura 10.1.1. Carta geomorfológica de São Thomé das Letras (MG).

10.2 Caracterização dos compartimentos

A caracterização de cada unidade de paisagem que segue apresentada é acompanhada de perfis que auxiliam o trabalho de ilustração dos compartimentos individualizados em face às formas de relevo (figuras 10.3, 10.4, 10.5 e 10.6) e de um quadro que sintetiza as características principais de cada conjunto (Quadro 10.4). A carta de unidades de paisagem, referente a compartimentação final do meio físico, consta na figura 10.7.

10.2.1. Terraço Pedimentar dissecado (TPd)

Área compreendida entre as serras de São Tomé e do Cantagalo nos setores rebaixados onde se instala o Córrego Cantagalo, controlado pelo falhamento local e truncando as formações rochosas. Os cursos d'água ressequentes que escoam a partir do front da Serra de São Tomé e a drenagem cataclinal que provém do reverso da Serra do Cantagalo dissecam esses setores rebaixados (Foto 10.1). Quando atingem a depressão perdem energia, e em zonas de falha formam-se ressaltos topográficos e soleiras locais.

O relevo de morros embutido na depressão é de caráter ondulado com vertentes convexas a retilíneas, ocasionalmente com setores côncavos que abrigam nascentes em anfiteatro. Correspondem a modelados de dissecação em degraus rebaixados da serra de São Tomé. Do setor frontal da serra, narizes (*noses*) se prolongam dos contrafortes e estabelecem contato brusco, através de rupturas de declive, com o terraço. A erosão obliterou a paisagem terciária com o recuo do bloco falhado.

A litologia desse compartimento é formada por biotita-muscovita-xistos e quartzitos intercalados, com ocorrência de argissolos formados a partir de colúvios pedogeneizados nas partes mais baixas. Foram verificados afloramentos que exibem forte caimento dos metassedimentos intercalados com a estratificação plano-paralela típica, colocando em tela traços da física do dobramento.

A mata latifoliada ocorre em área de proteção desde os setores mais elevados da serra de São Tomé, em desníveis por vezes superiores a 400 metros, atingindo o ambiente rebaixado e estabelecendo conexão com a mata ciliar. Também é marcante a presença de araucárias (*Araucaria angustifolia*), isoladas e em grupos, partilhando da constituição da paisagem.

O uso do solo é traduzido por pequenas roças de subsistência e agricultura comercial restrita somada a plantações de milho voltadas a alimentação dos animais. Ainda assim, são

verificadas erosões em lençol e algumas ravinas profundas do limiar de evolução para voçorocamentos conseqüentes ao uso inadequado do solo, com destaque para um ponto de erosão acelerada em um setor de baixa vertente cuja cobertura pedológica é composta por argissolo de matriz arenosa.



Foto 10.1. Vista parcial do compartimento TPd (2004).

10.2.2. Terraço Pedimentar dissecado com planícies aluviais colmatadas ou em vias de colmatação (TPpc)

O regime tectônico transcorrente do Brasil de Sudeste foi responsável por um desalinhamento no sistema serrano Cantagalo-Sobradinho por efeito do rejeito horizontal conseqüente ao falhamento, e que impôs no local a divisão entre as bacias do rio Verde para sul e do rio Grande na parte norte. Dessa forma, a linha de falha onde se encaixou o Córrego Canatagalo, no compartimento adjacente, sofre um deslocamento para leste, passando a estabelecer o limite entre a Serra do Sobradinho e o terraço mediante ruptura brusca no gradiente de declividade.

Esse processo tectônico que legou um sistema de falhas em forma de “Z” num contexto regional, que se prolonga até a região de Carrancas e Minduri, se encarregou do alargamento do setor deprimido na referida faixa. Abriu-se então uma frente erosiva por onde a drenagem incidiu e arrasou o relevo, mais suavizado em relação ao outro compartimento, embora ambos constituam terraços pedimentares do ponto de vista geomorfológico, formados a partir do desgaste das vertentes adjacentes (Foto 10.2). Com isso, os sedimentos que foram depositados no interior da zona mais deprimida provocaram colmatção de antigas planícies aluviais durante o holoceno. O fornecimento de sedimentos pela erosão das vertentes circunjacentes marca a morfogênese vigente nos tempos atuais.

Na porção central do compartimento se instala o ribeirão Lavarejo, tributário do rio Ingaí em sua margem esquerda. A carga transportada, derivada do desgaste das serras quartzíticas, é composta predominantemente pela fração areia, além de considerável volume de seixos e matacões angulosos rolados dos compartimentos mais elevados.

A cobertura vegetal original também corresponde à mata latifoliada semidecídua com presença de araucárias, e que, em tempos atuais, encontra-se consideravelmente suprimida.

Este relevo mais suavizado é utilizado para atividades agropecuárias (milho e pastagens semi-extensivas), que aproveitam das condições topográficas favoráveis. Em vista dos menores valores de declividade, que chegam a recuar aquém de 6%, as manifestações erosivas, nesse caso, são menos problemáticas. No setor norte, aproveitando-se do relevo suavizado, edifica-se pontualmente o distrito de Sobradinho.



Foto 10.2. Vista parcial do compartimento TPpc (2004).

10.2.3. Crista Assimétrica com formação de carste (CAk)

Corresponde a serra do Sobradinho em sua vertente oeste, a única que ocupa o município de São Thomé das Letras, estando o lado leste da crista circunscrito no município de Cruzília. Mais rebaixada que a Serra de São Thomé, esta unidade particular de paisagem apresenta vertentes bastante íngremes em alguns pontos, que ultrapassam a ordem de 40%, num padrão de inclinação heterogêneo que a conecta aos setores deprimidos. Apresenta comprimentos de rampa entre 1000 e 1400 metros, estabelecendo os contatos mais abruptos com os compartimentos adjacentes.

Este compartimento toma aspecto singular em função do processo de carstificação verificado na dinâmica atual da paisagem, que orchestra a formação de uma série de depressões fechadas devido à dissolução química do quartzito ligada a uma reativação de cabeceiras em função do soerguimento generalizado sofrido pela área, que foi responsável por alteração no nível de base, favorecendo o processo de incisão da drenagem e conseqüente trabalho de dissolução promovido pela água no quartzito. Verifica-se para este compartimento a presença de uma caverna arenítica, denominada por Gruta do Sobradinho, de

aproximadamente 130 metros de extensão e altura que varia de 9 metros no salão de entrada e 1 metro nas partes mais estreitas do conduto.

A gruta em questão encontra-se conectada à drenagem atual, com ressurgência da água subterrânea bem perto da abertura de entrada (Foto 10.3). Apresenta paredes lisas e blocos de tamanhos variados que testemunham os abatimentos que a formação do conduto foi submetida. No final da caverna é verificada a presença de uma cachoeira vertendo pelo espelho de falha (Foto 10.4), o que é forte indicativo de pelo menos duas fases de evolução: uma ligada à abertura do conduto e uma outra ligada à erosão regressiva que propiciou o seu alargamento e a retirada de material.

A formação destas feições é um processo dado no Quaternário, sendo que tal dinâmica é verificada em tempos atuais. A dissolução do quartzito pela água de escoamento também é verificada em outros setores da vertente onde o carste foi formado. Ocorrem microformas em pequenos condutos em vias de formação, que ensejam formar um salão em suas extremidades, ligadas por uma calha com evolução incipiente. Este conduto ainda se encontra entupido de sedimentos, porém a água de escoamento superficial já começa a exercer visível remoção de material no curto canal em vias de formação.

Na vertente oeste da Serra do Sobradinho também é verificado empilhamento de blocos a meia encosta à semelhança dos *thors*, efeitos erosivos típicos de quartzito já reparados por Leme (1943), sem o afloramento extensivo que se verifica no setor oeste da Serra de São Tomé. Aqui os processos de remoção do solo são menos intensos por conta do efeito exercido pela vegetação de campo intercalada com pastagens plantadas que povoa a área, e que vem tomando o espaço das gramíneas naturais.

O reverso da Serra do Sobradinho, tal como na Serra de São Tomé e do Cantagalo, apresenta vegetação de cerrado adaptado ao ambiente litólico. Na serra do Sobradinho, entretanto, ao invés do cerrado aumentar o gradiente à medida que se perde altitude, o que ocorre é uma faixa de campo limpo em fitostasia com a cobertura de neossolos e cambissolos, se distribuindo em gramíneas contínuas pontuadas por tufos, com arbustos e árvores esparsas aparecendo apenas nos setores mais baixos.

Além de fatores morfométricos, como declividade e comprimento de vertentes, a dinâmica cárstica foi critério fundamental para a distinção deste compartimento, que se revelou unidade de paisagem com características eminentemente próprias dentro da área de pesquisa.



Foto 10.3. Salão de entrada da Gruta do Sobradinho (2004).

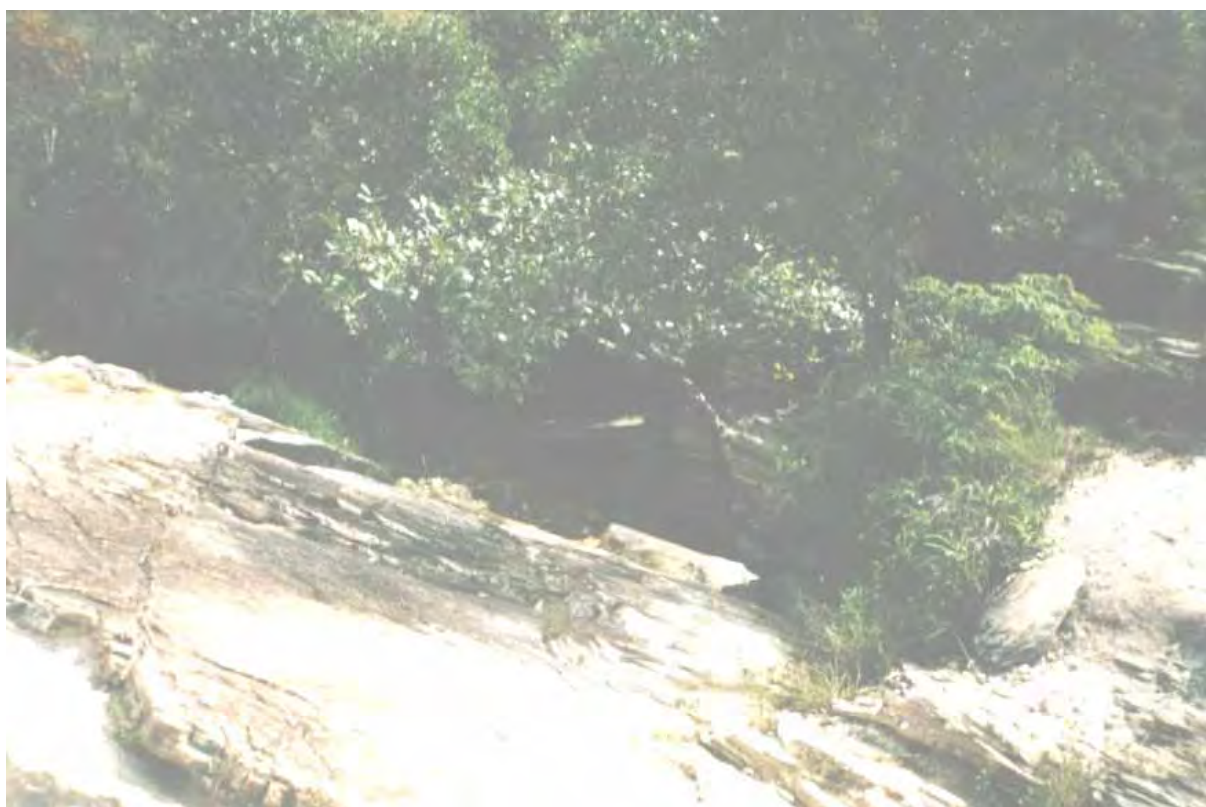


Foto 10.4. Espelho de falha na saída da Gruta do Sobradinho (2004).

10.2.4. Patamares Estruturais rebaixados (PEr)

Correspondem aos patamares dispostos imediatamente ao front da Serra de São Tomé e do Cantagalo que se alongam nos alinhamentos quartzíticos a partir de 1200 metros de altitude, até elevações médias de 1000 metros, onde se individualizam os setores de depressão (Foto 10.5). São ravinados pela drenagem ressequente que incide nos setores mais deprimidos, onde o Córrego Cantagalo, o Ribeirão Lavarejo e o Rio Caí configuram os coletores locais.

Esse compartimento é caracterizado por uma litologia composta por quartzitos e xistos intercalados, e rebaixado em relação ao front íngreme da Serra de São Tomé, composto por quartzitos mais puros sobrejacentes. Os efeitos erosivos mais severos impostos aos níveis xistosos resultam em contrafortes com maior arredondamento nos topos, com espigões que se sobressaem e estabelecem contato com as áreas mais deprimidas.

O que se observa para a unidade em apreço é sua propriedade de degrau intermediário entre dois compartimentos, indicando duas fases tectônicas responsáveis por dois falhamentos associados e pelo rejuvenescimento da falha mais antiga. Quando reativadas, geraram escarpas compostas que exibem planos de deslocamento na morfologia da rampa resultante de sucessivas fases de movimentação que deu margem a formação de degraus, marcando um nível intermediário caracterizado por facetas trapezoidais. Tais zonas de fraqueza constituem importantes áreas de afloramento hídrico.

Estas *escarpas compostas de falha* possuem origem derivada da combinação de efeitos tectônicos com a erosão seletiva sobre as rochas menos resistentes, mantendo a falha original elevada e uma falha mais recente rebaixada pela escavação erosiva que se dá no sopé da escarpa em virtude dos processos de rejuvenescimento (BILLINGS, 1972), (LOCZY & LADEIRA, 1980). Embora o relevo escarpado da área apresente os traços mencionados, deve-se reconhecer características que indicam se tratar de uma *escarpa de linha de falha*, tipo de relevo que, conforme os autores supracitados, é produto da erosão diferencial pela linha de falha, em conformidade com a situação estudada, onde os estratos inclinados dos metassedimentos soerguidos são truncados por uma superfície aplainada que constitui o nível de base local. Reconhecemos aqui a dificuldade em classificar o relevo como *escarpa de linha de falha* ou *escarpa composta de falha*, o que atribuímos a evidências que incidem para ambas possibilidades.

A reativação responsável pela geração destes falhamentos mais recentes corresponde, muito plausivelmente, ao soerguimento miocênico, que marca o fim da elaboração da Superfície Sul-Americana e o início do período neotectônico.

Toda frente escarpada da serra de São Thomé constitui área de proteção, apresentando cobertura de mata latifoliada subcaducifólia em contato com a mata ciliar dos coletores centrais em vários pontos.

O Neossolo Litólico aparece, por vezes, associado a Cambissolos, com pontos de pedogênese latossólica nos setores mais suavizados. À medida que se aproxima dos terraços embutidos, os argissolos passam a ocorrer de maneira mais conspícua.



Foto 10.5. Vista parcial do compartimento Per (2004).

10.2.5. Escarpa de Falha com depósito de tálus (EFt)

O compartimento em questão se distribui em uma faixa estreita e alongada por todo o front da serra de São Tomé e do Cantagalo a partir dos setores mais elevados da vertente orientada para leste, em altitudes próximas a 1300 metros (Foto 10.6), até a faixa de ocorrência de preenchimento coluvial a partir da erosão das escarpas, cujo pacote mais

espesso é verificado até altitudes de aproximadamente 1000 metros, onde se localizam as cabeceiras da drenagem que tributa o Rio Caí em sua margem direita.

A individualização do compartimento em discussão ocorre a partir do afloramento dos quartzitos estampados em taludes íngremes que marcam a zona de cisalhamento, seguida por uma área também bastante íngreme recoberta por depósito de tálus que dá aporte à mata latifoliada semidecídua.

A escarpa (*free face*) é caracterizada por facetas trapezoidais e costuma estampar o afloramento do quartzito de maneira contínua na Serra do Cantagalo, tomando aspecto retilíneo-côncava em alguns trechos.

A exposição da escarpa seguida da estreita faixa de depósito de tálus apresenta morfogênese particular, com acelerada remoção de material em tempos atuais.

Tal compartimento se conecta ao compartimento **PEr**, já apresentado, constituindo o falhamento mais antigo, relacionado à separação entre os continentes sul-americano e africano no mesozóico e posteriormente reativado, mostrado por uma escarpa degradada e recuada mais ao alto em relação à escarpa fresca produto de reativação localizada nas partes mais baixas.

O compartimento em questão se individualiza a partir da escarpa de falha que termina de maneira abrupta em seu lado leste, marcando de maneira bastante eficaz a zona de cisalhamento, exibindo em afloramentos um redirecionamento no mergulho das camadas. Em certos setores da zona de cisalhamento, a disposição plano-paralela do quartzito assume disposição vertical, contrariando o caráter geral de mergulho suave que tomam as camadas metassedimentares.

A área é relativamente íngreme, com declividades que chegam a ultrapassar a ordem de 30%, predominando assim o Neossolo Litólico. Em alguns trechos do compartimento, sob algumas situações onde a conformação topográfica é favorável, ocorre o acúmulo de matéria orgânica, registrando intensa atividade microbiana redutora.

A partir do compartimento em consideração é verificado o processo de incisão da drenagem que registra a dissecação da superfície de cimeira preservada nos topos e que é responsável pela elaboração de uma superfície mais recente.



Foto 10.6. Vista parcial do Compartimento EFt (2005).

10.2.6. Reverso de crista monoclinal suavemente inclinado submetido à mineração (RCm)

Corresponde ao reverso da Serra de São Thomé, que possui grau de inclinação homogêneo em direção ao contato litológico com os paragneisses, que se dá sem uma ruptura abrupta do declive.

Trata-se de área onde a ação antrópica modificou severamente o relevo em suas formas e processos por conta da intensa extração de quartzito levada a efeito nestes setores das cristas, onde as declividades são mais modestas, impactos que já foram anteriormente investigados (MARQUES NETO, 2004). O homem, afirmando aqui exemplarmente sua condição de agente geomorfológico, imprime mudança brusca na energia do relevo, provocando, através da extração de quartzito a céu-aberto, o aplanamento generalizado do reverso da serra, a abertura de crateras e o acúmulo de pilhas de estéril que sepultam a vegetação de cerrado existente no local (Foto 10.7).

A extração que se dá a partir da área dos mananciais em direção a jusante desconfigurou uma série de leitos fluviais e comprometeu a perenidade de outros tantos com o assoreamento anômalo provocado pela movimentação dos rejeitos ao longo do subsistema vertente, e que tem como destino final os canais fluviais. Estes cursos d'água, maciçamente entulhados por material de variada ordem granulométrica, desde quantidades enormes de

areias quartzosas a grandes blocos de quartzito, tomam padrão anastomosado e fluxo divagante, que procura dar vazão ao seu caudal pelos trechos menos obstruídos, desencadeando assim processos de erosão marginal responsáveis pela degradação da vegetação envolvente e por acentuada morfodinâmica nos setores beiradeiros, traduzida por alargamento pronunciado dos canais, que, através da erosão das margens, buscam o seu perfil de equilíbrio adaptando sua morfologia em face da grande quantidade de detritos, condição que exige um canal com formato mais alargado que profundo, padrão geométrico este mais apropriado para o transporte de material grosseiro e mal selecionado (Foto 10.8).

O comprometimento na vazão pode ser verificado na Foto 10.9, onde um delgado fio d'água acusa as condições do sistema hidrográfico no período de estiagem em comparação à época das chuvas (Foto 10.10). Tais condições hidrodinâmicas podem ser modificadas por eventos espasmódicos, como um grande volume de chuvas concentradas, conforme foi registrado para os dias 25 e 26 de novembro de 2006, onde, num período inferior a doze horas foram precipitados 174 mm segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) publicados na home page oficial de “O Estado de Minas” no dia 28 do mesmo mês do ano de 2006 (www.estaminas.com.br). A Foto 10.12 ilustra o volume d'água anômalo verificado logo após a chuva. Em situações desse tipo, a tromba d'água é capaz de remover um banco de areia inteiro e transportar grande volume de material grosseiro, bem como erodir fortemente as margens, modificando, dentro de um curto espaço de tempo, a configuração do canal fluvial.

Entende-se por *resistência* a capacidade de determinado sistema em manter sua integridade original diante de distúrbios externos, e por *resilência* como a capacidade do sistema em retornar as suas condições iniciais após ser afetado por interferências exógenas, isto é, refere-se à sua capacidade em absorver mudanças e se retroalimentar, conservando sua estrutura e características, embora nem sempre mantendo os mesmos valores nos atributos dos elementos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A morfologia local, em compatibilidade plena com a condição de sistema processo-resposta, é modificada em função da drástica alteração na cascata de matéria e energia que se verifica com a exploração de quartzito, bastante negligente do ponto de vista ambiental. A magnitude dos impactos é responsável pelo rompimento dos limiares de resiliência do sistema, exercendo efeitos que vão além de sua capacidade de retroalimentação. Dessa forma, foi rompida a capacidade do sistema em questão em voltar ao seu estado original, o que repercute numa reajustagem no sentido de buscar um novo estado de equilíbrio diferente do original, com estrutura e funcionamento diferenciado do sistema que precedeu a prática exploratória.

Com isso, os canais afetados pelo rejeito se alargam cada vez mais com a erosão marginal que é promovida, e a energia do relevo é substancialmente modificada em função da desconfiguração topográfica levada a efeito pela extração. O alargamento excessivo atinge uma série de tributários em seus setores marginais, que tem assim a erosão regressiva catalisada. A reorganização erosiva dos canais afetados e seus afluentes, é dever mencionar, constitui processo que extravasa a área de extração.

De posse das constatações realizadas, pode-se inferir com segurança que mesmo após o encerramento absoluto das atividades minerárias, o sistema em discussão continuará atuando no sentido de aprofundar os impactos em face da nova dinâmica trazida no bojo da exploração mineral e seus processos geomórficos conseqüentes. Provavelmente o reajuste se dará mediante uma configuração de canais largos, com considerável carga de fundo representada pelos sedimentos provenientes da exploração do quartzito que, ao que tudo indica, permanecerão no sistema com ou sem prática exploratória, e um padrão de drenagem tendendo para o tipo anastomosado, com o fluxo se dividindo em diferentes direções dentro do leito da drenagem principal e provocando o rompimento de setores das margens, acompanhado da retomada erosiva de alguns afluentes e conseqüente rebaixamento da topografia.

Para o caso em questão, portanto, a exploração antrópica é agente fundamental a ser considerado na compartimentação do meio físico, haja vista a indiscutível modificação imposta na paisagem em suas formas e processos atuantes. É verdade, entretanto, que tal atividade foi privilegiada por fatores de ordem litológica (ocorrência de quartzito com pureza diferenciada e cor interessante ao comércio) e morfométrica, viabilizando a instalação das minas numa topografia caracterizada por suaves mergulhos e declividades mais brandas, entre 12 e 20% e que dificilmente avançam além de 40%, em vertentes com comprimentos que vão além de 2.000 metros.

O processo de extração se iniciou na década de 40 do século vinte (RAMOS & BARBOSA, 1968) e se intensificou na última década. São Thomé das Letras é o maior centro produtor de quartzito ornamental do Brasil, seguido por Alpinópolis, Ouro Preto e Diamantina (FERNANDES *et al.* 2003). A questão locacional instigou a exploração da rocha e acabou por firmar a mineração como atividade econômica quase hegemônica no município, o que se dá de maneira frenética e mal-planejada responsável por um quadro ambiental dos mais constrangedores.



Foto 10.7. Cerrado degradado pela extração de quartzito (2004).



Foto 10.8. Canal entulhado pelo rejeito da mineração, caracterizado por acentuada morfodinâmica marginal (2003).



Foto 10.9. Vazão do córrego São Tomé durante o inverno, comprometida pela prática mineraria (2003).



Foto 10.10. Vazão padrão do córrego São Tomé durante o verão (2003).



Foto 10.11. Córrego São Tomé com grande volume d'água após chuva intensa (2006).

10.2.7. Reverso de crista monoclinal dissecado (RCd)

Trata-se do reverso da serra do Cantagalo. Ao contrário do reverso da serra de São Tomé, onde a mineração alterou radicalmente a dinâmica paisagística, este setor apresenta integridade em suas formas (Foto 10.12).

Individualiza-se a partir das linhas de cumeeada onde afloramentos de quartzito emolduram lascas e pequenas torres, conectando-se aos terraços adjacentes mediante vertentes íngremes, diferentemente do que ocorre no reverso da serra de São Tomé, marcado por declividades mais suaves. Aqui é facilmente ultrapassada a ordem dos 40% de inclinação em uma série de trechos.

A drenagem cataclinal de reverso que se dirige em direção ao ribeirão Cantagalo ravina este compartimento em canais perenes, intermitentes e efêmeros, envolvidos por mata ciliar quanto mais expressiva for a largura do canal fluvial. No mais, o setor é composto por vegetação de campo que medra uniformemente pelos terrenos de solos litólicos.

O vale de cimeira aberto pelo Córrego da Lagoa separa esta unidade da serra do Sobradinho, onde o desenvolvimento de processos cársticos particulariza a dinâmica da paisagem.



Foto 10.13. Vista do Compartimento RCd (2005).

10.2.8. Compartimento de Cristas Alongadas de topos retilíneos a convexos (CArc)

Este compartimento constitui um prolongamento da Serra de São Tomé individualizado a partir da dissecação imposta pelo Rio do Peixe, que atravessa parte do setor leste do município erodindo litologias de resistências diferenciadas, isolando um grupo de serras (Foto 10.13) (das Ninfas, da Boa Vista e do Bichinho) que, na verdade, partilham do mesmo conjunto geomorfológico, porém separados por efeito da dissecação, o que lhes confere status de compartimento individual em termos de formas e processos atuantes. Os topos alinhados guardam distância da ordem de 1 km entre as serras da Boa Vista e da Conquista, não havendo separação entre as estruturas por drenagem conseqüente ou superimposta, embora as áreas de cimeira não apresentem continuidade em função da dissecação responsável pelo isolamento de topos.

A serra do Bichinho configura um prolongamento da serra da Boa Vista no sentido sudeste e que toma também a orientação geral NE-SW, descambando na planície aluvial do Rio do Peixe.

As linhas de cumeada apresentam aplainamento sensível, com alguns topos convexizados, notadamente o Pico do Pião, com 1363 metros de altitude, marcando os limites entre os municípios de São Thomé das Letras e Conceição do Rio Verde, no sul de Minas Gerais. Desce, a partir dessa cota, um abrupto de vertentes íngremes revestidas pela mata latifoliada semidecídua.

A serra da Boa Vista, a mais alongada de todo o conjunto, termina na *perceé* aberta pelo rio Verde, no município de Conceição do rio Verde. Perfazendo um mesmo compartimento, tanto no que tange à diferenciação de unidades de paisagem como mediante critérios puramente geomorfológicos, tais faixas serranas possuem aspecto deformado sem a imponentia e extensão da serra de São Thomé, a maior da área de estudo em altitude e continuidade.

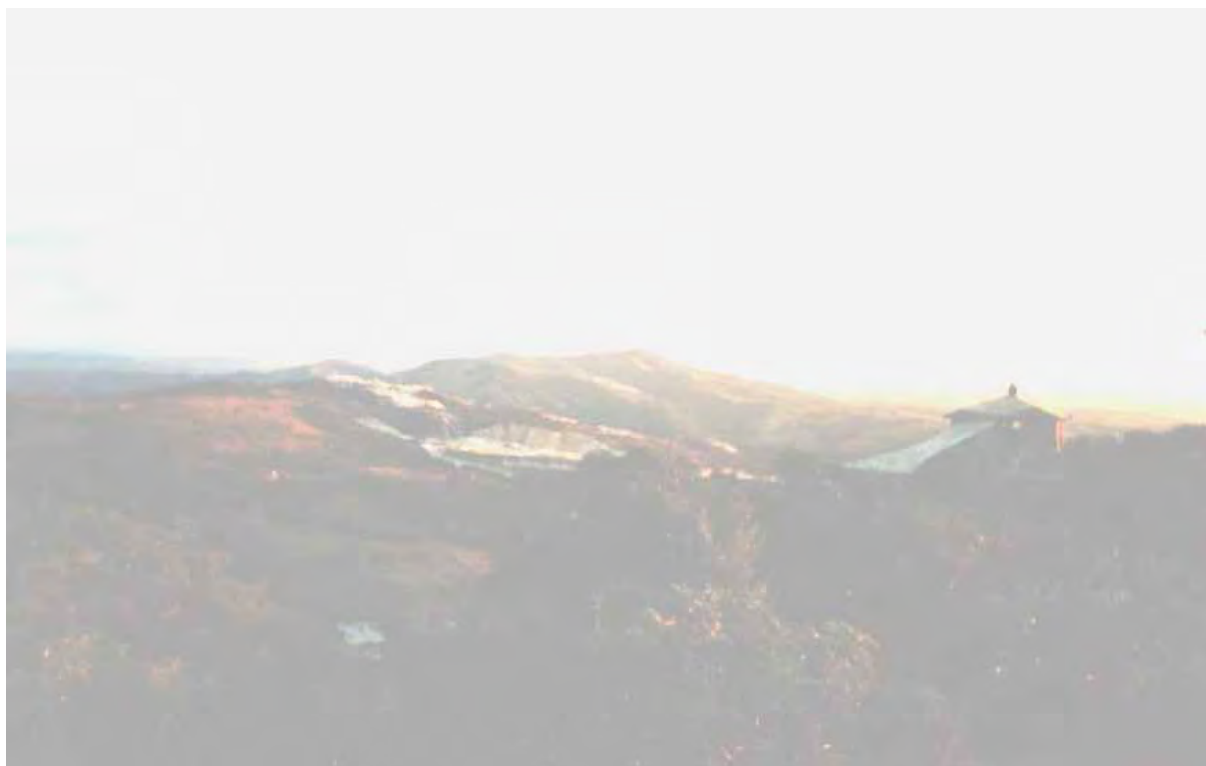


Foto 10.13. Vista parcial do Compartimento CArc (2006).

10.2.9. Planícies Alúvio-coluvionares dissecadas com alvéolos (Pac)

Nesse caso, a compartimentação do meio físico guarda consonância com a unidade geomorfológica mapeada, e se trata das planícies de inundação dos rios Caí e do Peixe, que se conectam no ponto de confluência entre ambos.

O compartimento em questão margeia a porção frontal da Serra do Cantagalo, apresentando cobertura alúvio-coluvionar e gleissolos indiferenciados. Confinados entre as faixas serranas, os cursos d'água, percolando em planícies de inundação relativamente desenvolvidas, descrevem considerável angularidade. Destaque para a presença de baionetas bem marcadas por *shutter ridges*.

Foi reconhecida a ação de efeitos tectônicos na formação da planície aluvial em questão, demasiadamente alargada em relação à largura do curso d'água que percola pelo terreno. Não menos, mecanismos evolutivos relacionados às oscilações climáticas pleistocênicas também foram reconhecidos pelo desenvolvimento de alvéolos, que se deu em função do desgaste dos gnaisses que limitam uma das bordas da planície, promovendo assim seu alargamento.

Registra-se para o compartimento em questão algumas áreas com predisposição para alagamento em função de transbordamentos do Rio Caí, conforme ocorreu nos primeiros dias do mês de janeiro do ano 2000. Este evento espasmódico foi marcado por precipitações intensas e duradouras que provocaram uma série de deslizamentos na Serra da Mantiqueira e enchentes e assoreamento de vales nas partes baixas, onde a Depressão Pousoalegrense foi uma das áreas mais afetadas (o então governador Itamar Franco transferiu a capital provisoriamente para Pouso Alegre). Conti (2001) averigou que tal evento foi provocado pelo estacionamento da Frente Polar sobre a área durante três dias, tendo como agravante a presença de uma massa de ar previamente instabilizada pela frente fria antecedente.



Foto 10.14. Vista parcial do Compartimento PAd (2007).

10.2.10. Morrotes, morros e morros com encostas suavizadas rebaixados com topos convexos a aplainados e vertentes retilíneas a convexas (MMca)

Este compartimento apresenta, em parte, convexização no topo de suas unidades de relevo. No entanto, trata-se do conjunto de maior aplainamento e também aquele em que o relevo se apresenta mais rebaixado no que toca aos modelados de dissecção, padrão este que toma maior vigor à medida que se aproxima da depressão do Rio Verde (Foto 10.15). O maior arrasamento dos topos com tendência ao aplainamento, em escala regional, aumenta em direção a oeste, até tomar aspecto tabuliforme na região de Carmo do Rio Claro e nos chapadões da Serra da Canastra.

Embora as pastagens predominem no compartimento em discussão, ainda são preservadas algumas manchas de mata latifoliada semidecídua e cerrado. Trata-se do setor de maior ocorrência do cerrado típico na área, que medra sobre as áreas de pedogênese latossólica localizadas nas áreas de relevo mais suavizado. As formações florestais, quando

ocorrem, aparecem nos topos e são melhores preservadas em setores de *hollow* côncavo dos anfiteatros e próximas às calhas fluviais, onde, ainda assim, apresentam sinais de degradação, denunciando a exploração antrópica num setor que, exceto àquele dedicado à mineração, é o mais antropizado da área de estudo.

A pedogênese latossólica se traduz na forma de Latossolo Vermelho Amarelo em mantos de alteração bastante desenvolvidos, cuja espessura chega a ultrapassar dois metros, inumando linhas de pedra e impedindo de maneira eficaz a exposição de afloramentos rochosos.

Erosões laminares e alguns ravinamentos registram a dinâmica paisagística do compartimento em discussão, processos estes que, embora não sejam demasiadamente intensos, marcam a natureza da morfogênese. O uso do solo local, em grande medida, conforme foi frisado, é dedicado às pastagens, o que torna comum os terracetes formados pelo pisoteio promovido pelo gado nas vertentes, microformas estas que aparecem de maneira mais corriqueira nos setores de declividades mais acentuadas. O equilíbrio das vertentes é mais estável nas longas encostas retilíneas que imbricam no fundo dos vales.

A presença de tais processos geomórficos deve ser atribuída, em nível mais amplo, a um contexto histórico e econômico no qual o estado de Minas Gerais está inserido, e que diz respeito à prática da pecuária leiteira que vêm demandando parcelas de solo para pastagem desde a época da mineração, e que partilha de uma morfogênese peculiar que é mais ativa em lugares onde a atividade se dá mais intensivamente. A pecuária leiteira em São Thomé das Letras é reduzida em relação a municípios da região, e os impactos correlatos, em consequência, mais brandos.

As atividades agrícolas são bastante restritas, se limitando a pequenas roças de milho que, em grande parte dos casos, são plantados no mesmo sentido de inclinação das vertentes, negligenciando o elementar procedimento de plantio em curvas-de-nível.

O padrão de drenagem dendrítico a subdendrítico tem no Rio do Peixe o principal coletor local, sendo este superimposto a estruturas de diferentes resistências. O restante da drenagem é de caráter conseqüente, tendo suas nascentes no compartimento marcado pela mineração (reverso da Serra de São Thomé), localizado em altitudes mais elevadas que abrigam as cabeceiras. Apresenta migração lateral de canais centrais de bacias hidrográficas que podem ser individualizadas e outras anomalias de natureza tectônica, como cotovelos e *shutter ridges*.

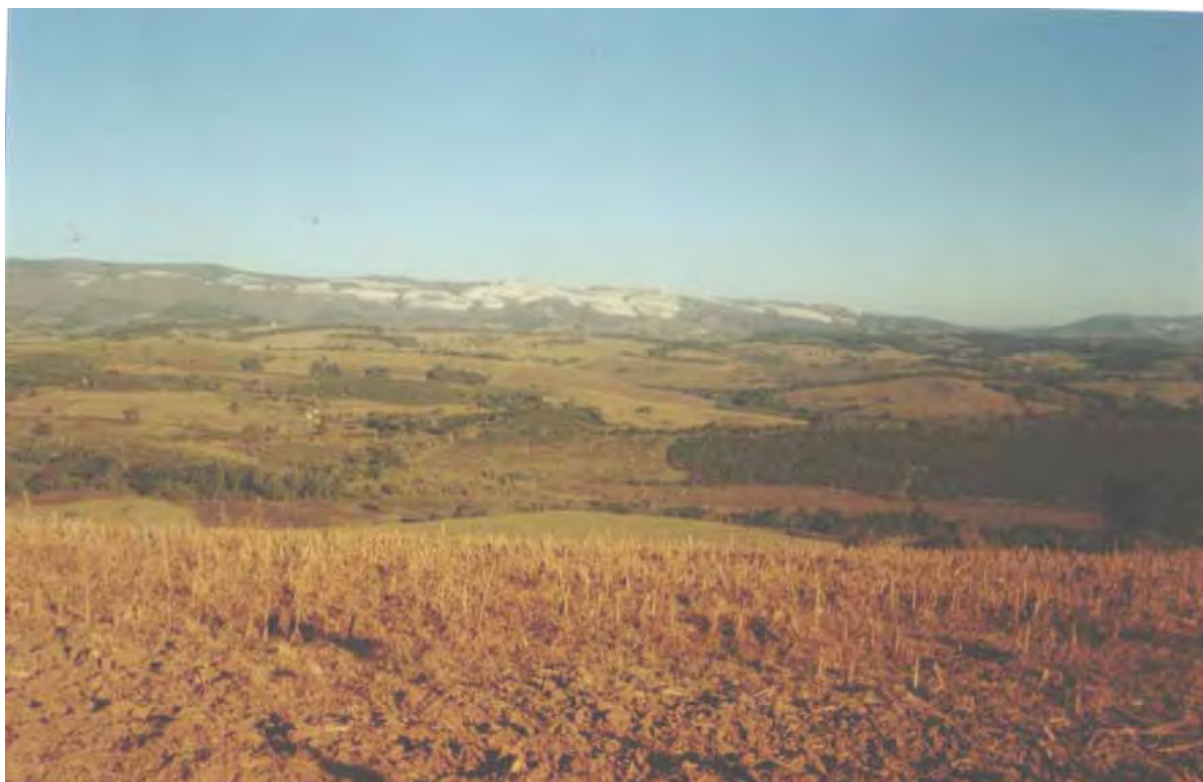


Foto 10.15. Vista do Compartimento MCra (2006).

10.2.11. Espigões Paralelos digitados (EPd)

O compartimento de espigões paralelos se prolonga a partir do setor frontal da Serra do Cantagalo, e abriga as cabeceiras do Córrego Caí e do Córrego Areão, que perfazem encaixados seu alto curso.

É caracterizado por vertentes íngremes, com declividades superiores a 30%, sendo assim de difícil ocupação agropecuária, o que garante a presença de algumas manchas de mata latifoliada nas encostas, com presença de araucárias.

O paralelismo dos espigões que se prolongam dos contrafortes da serra favorece o encaixamento dos cursos d'água supracitados, que seguem paralelos no alto curso com afastamento a partir do médio curso.

A Foto 10.16 fornece uma visão parcial deste que é o menor compartimento discernido na área.



Foto 10.16. Vista do compartimento EPd (2006).

10.2.12. Morrotes e morros de topos e vertentes predominantemente convexas (MMc)

O compartimento em questão é marcado por um rebaixamento das altitudes em relação às áreas adjacentes, bem como por uma suavização nas declividades, cujo predomínio fica num intervalo entre 12 e 20%, correspondendo aos níveis erosivos intermontanos verificados na área (Foto 10.17).

Os topos são marcadamente convexos, bem como as vertentes, embora sejam verificadas subsidiárias retilíneas e reentrâncias côncavas onde se alojam cabeceiras de mananciais.

Pequenas manchas de mata e campos naturais pontuam extensas áreas descampadas, o que determina a ocorrência de vários pontos descarnados por efeito de erosão laminar, alguns deles bastante extensos ao longo da vertente. Também foram registrados os efeitos erosivos marcados nas encostas por conta do pisoteio promovido pelo gado e conseqüente perda de coesão do solo em seus caminhos preferenciais de passagem.

A pedogênese latossólica também é marcante no compartimento em apreço, com ocorrência de cambissolos e neossolos litólicos de acordo com os condicionantes topográficos.

Conforme é tomado o sentido ESE, em direção ao município de Cruzília, verifica-se a tendência de formação de anfiteatros onde se alojam canais efêmeros, registrando a propensão do terreno para a formação de voçorocas a evoluírem a partir da erosão em tais anfiteatros, desprovidos da umidade propiciada pela drenagem perene e de vegetação. Uma voçoroca foi verificada nesse setor, com desenvolvimento que se aproxima do topo, estando aparentemente estabilizada pela vegetação envolvente. Medições e observações mais precisas não foram realizadas em função do processo estar alojado em áreas particulares e cercadas, cujo acesso, além de restrito, é extremamente difícil. De qualquer maneira, o terreno tende a ser colonizado por voçorocas no sentido que foi explicado, sendo que tais impactos se fazem bastante comuns em direção aos municípios de Cruzília e Minduri, onde o uso do solo para fins agropecuários é mais intenso (Foto 10.18).

O maior vigor da pecuária leiteira secular nos municípios da região aliada a fatores de ordem litoestrutural determina a incidência de voçorocas ativas na região, a exemplo dos municípios de citados e outros, marcando também a dinâmica da paisagem na região de Andrelândia e São João del Rei, onde o processo é bem mais intenso que na área de estudo. É plausível que em São Thomé das Letras a menor incidência de voçorocamentos se deva a um aproveitamento mais comedido ao longo da história das terras para pastagem em relação aos demais municípios da região, alguns dos quais foram mencionados.

As culturas agrícolas verificadas no compartimento em consideração se restringem a pequenos roçados de café.



Foto 10.17. Vista parcial do compartimento MCc (2006).



Foto 10.18. Ocorrência conspícua de voçorocas marcando a dinâmica da paisagem em Cruzília (MG) (2002).

10.2.13. Morrotes de topos predominantemente convexos e vertentes convexas a retilíneos (Mcr)

Este compartimento se aloja próximo às serras alongadas, e se caracteriza pela presença de formas de relevo menores em função da maior densidade de drenagem, responsável por uma dissecação horizontal mais severa e individualização de um número maior de formas isoladas na paisagem (Foto 10.19).

As formas convexas são tendenciais neste compartimento litologicamente composto por gnaisses finos bandados, com alguns trechos retilíneos de vertente. As altitudes se elevam pouco além de 1000 metros, e as amplitudes altimétricas são, via de regra, inferiores a 100 metros. As declividades mais conspícuas situam-se entre 12 e 20% com seções mais íngremes localizadas, marcando vertentes curtas, que dificilmente ultrapassam 600 metros de extensão.

No tocante à cobertura pedológica, os solos litólicos associados ou não a cambissolos aparecem nos setores de declividade mais acentuada, com ocorrência ocasional de latossolos que dá aporte à mata latifoliada semidecídua, atualmente bastante degradada e substituída extensivamente por pastagens.



Foto 10.19. Vista parcial do compartimento Mcr (2006).

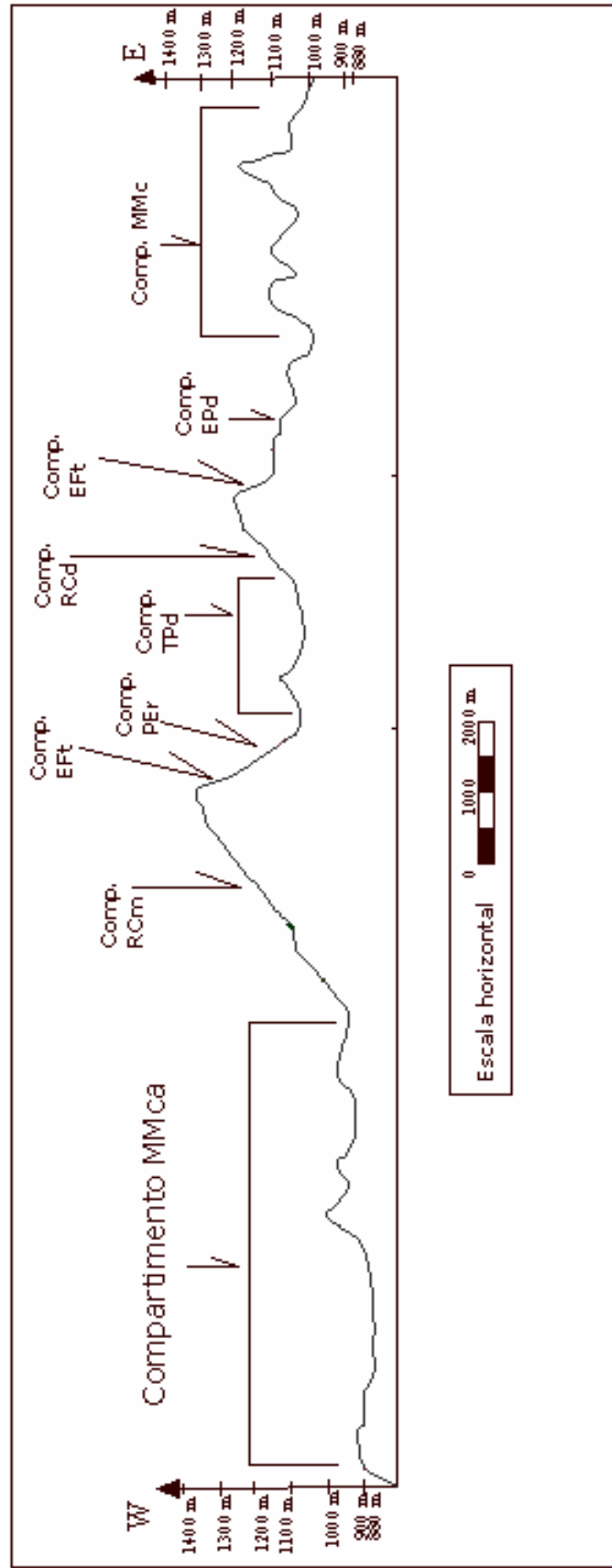


Figura 10.3. Perfil representativo dos compartimentos discernidos.

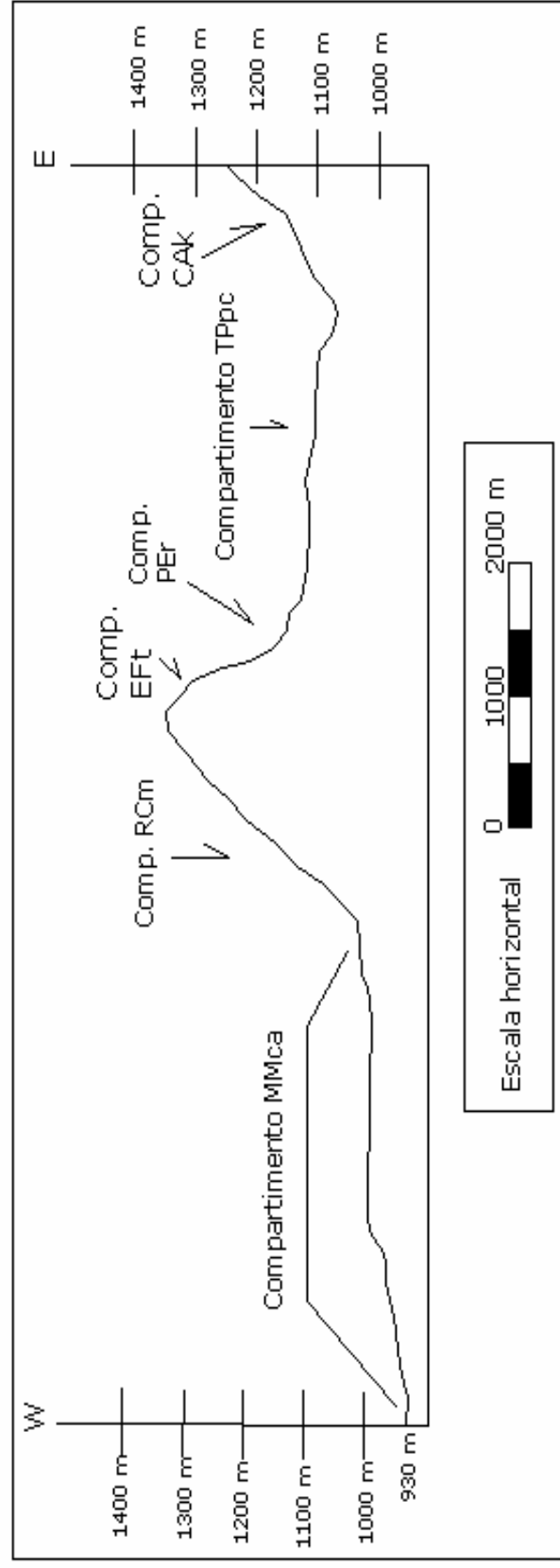


Figura 10. 4. Perfil representativo dos compartimentos discernidos.

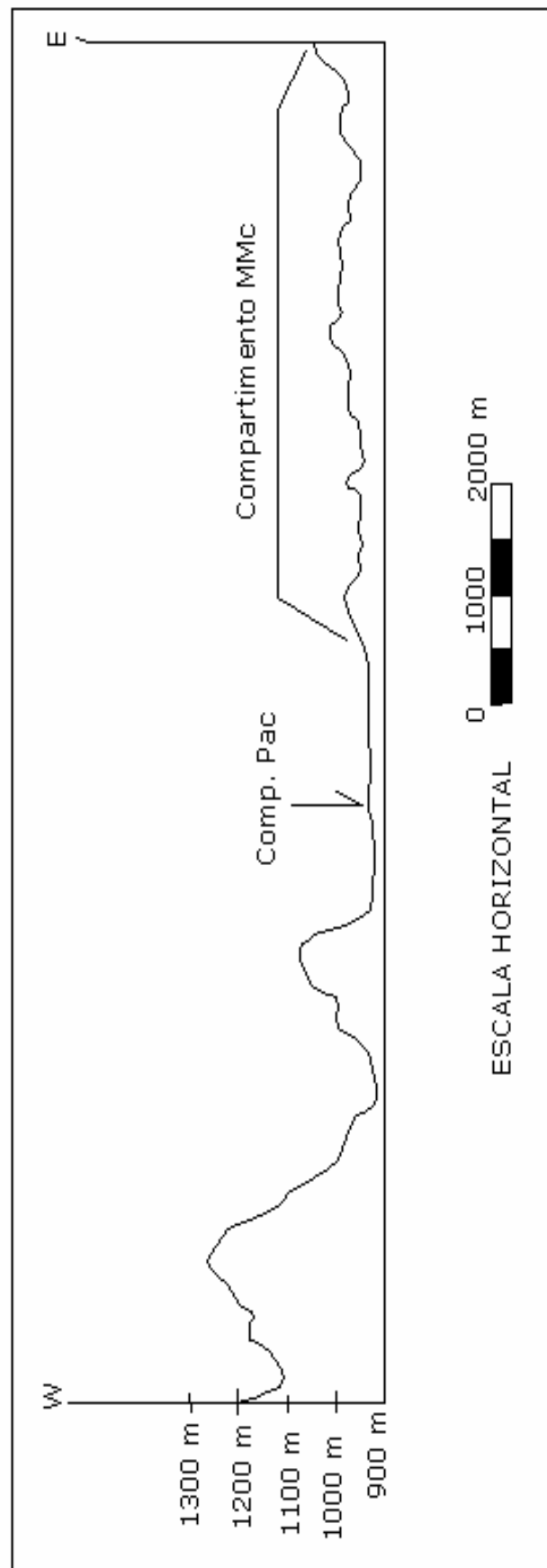


Figura 10. 5. Perfil representativo dos compartimentos discernidos.

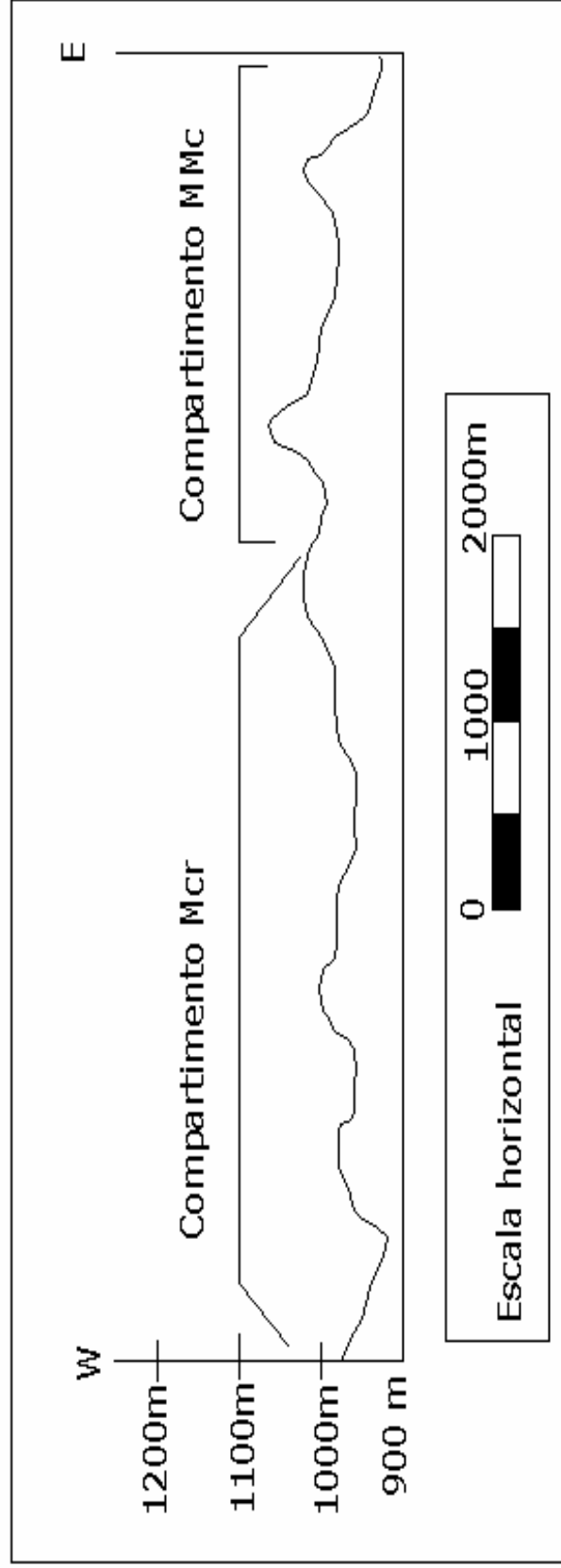
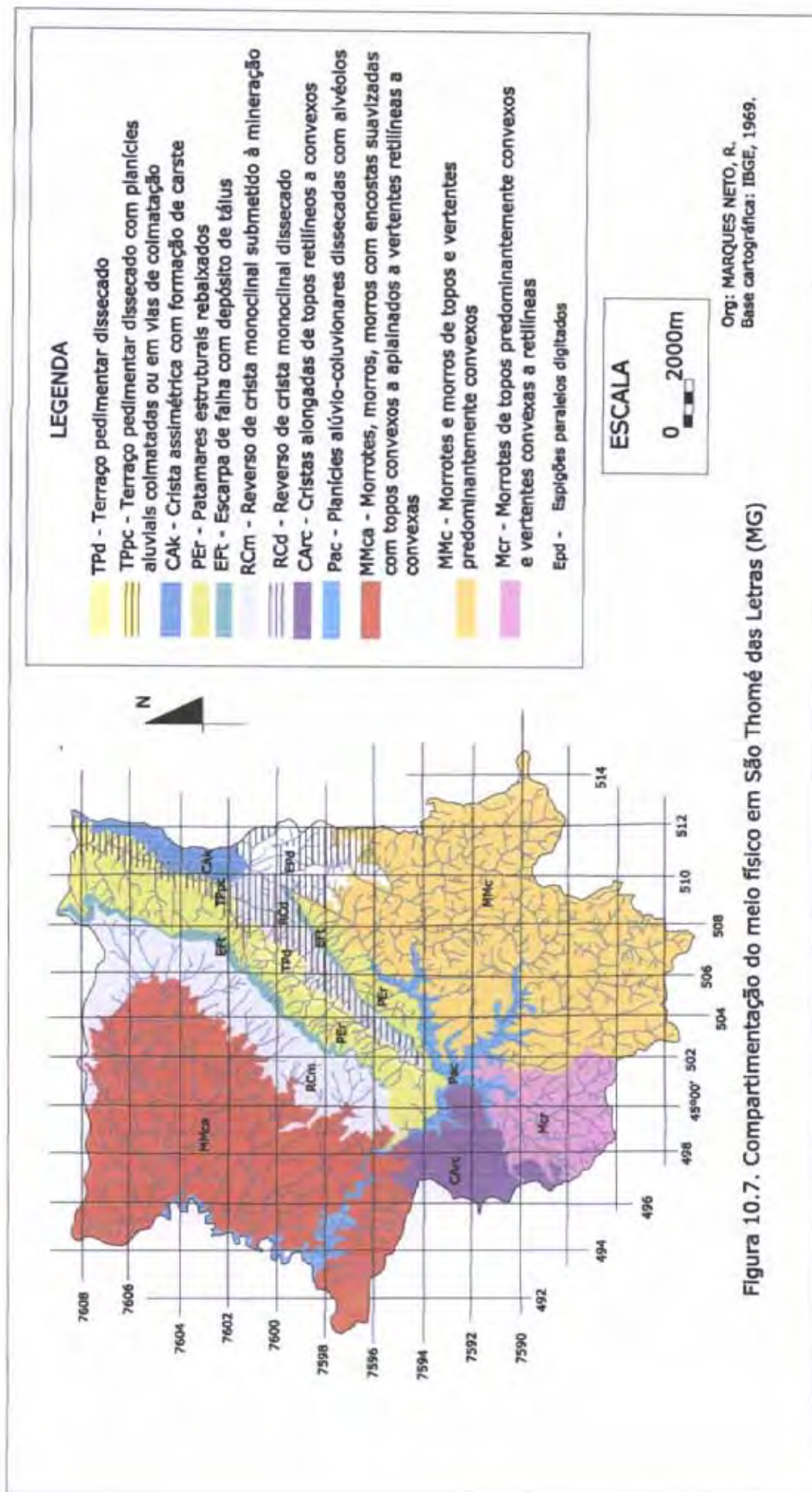


Figura 10.6. Perfil representativo dos compartimentos discernidos.

Quadro 10.4. Principais características dos compartimentos discernidos.

COMPARTIMENTO	LITOLOGIA	RELEVO	SOLOS	VEGETAÇÃO ORIGINAL	PADRÃO DE DRENAGEM	PRINCIPAIS DIREÇÕES ESTRUTURAIS	DECLIVIDADES PREDOMINANTES
TPd	Biotita-muscovita-xisto e depósitos quaternários	Terraço	Argissolos e gleissolos	Mata latifoliada semidecídua	Treliça de falha	NE-SW	0 a 12%
TPpe	Biotita-muscovita-xisto e depósitos quaternários	Terraço	Argissolos e gleissolos	Mata latifoliada semidecídua	Treliça de falha	NE-SW	0 a 6%
PEr	Quartzito	Crista monoclin	Neossolos litólicos e cambissolos	Mata latifoliada semidecídua	Paralelo a subparalelo	NE-SW	>40%
CAk	Quartzito	Crista monoclin	Neossolo litólico	Cerrado	Subparalelo	NE-SW	20 a 30%
Eft	Quartzito	Crista monoclin	Faixa de afloramento, neossolo litólico	Mata latifoliada semidecídua	Paralelo a subparalelo	NE-SW	>40%
RCm	Quartzito	Crista monoclin	Neossolo litólico e cambissolos	Cerrado	Paralelo a subparalelo	NE-SW	12 a 20%
RCd	Quartzito	Crista monoclin	Neossolo litólico e cambissolos	Cerrado	Paralelo a subparalelo	NE-SW	20 a 30%
CAre	Quartzito	Crista monoclin	Neossolo litólico e cambissolos	Mata latifoliada semidecídua	Radial a subparalelo	NE-SW	20 a 30%
Pac	Biotita-muscovita-xisto e depósitos quaternários	Planície alúvio-coluvionar	Argissolos e gleissolos	Mata latifoliada semidecídua	Angular	NE-SW, SE-NW e E-W	0 a 6%
MMca	Gnaisses	Morros e morrotes	Neossolos litólicos, cambissolos e latossolos	Mata latifoliada semidecídua e cerrado	Dendrítico a subdendrítico	SE-NW, NE-SW	6 a 12%
EPd	Quartzito	Crista monoclin	Neossolos litólicos e cambissolos	Mata latifoliada semidecídua	Treliça	NE-SW, N-S	30 a 40%
MMc	Gnaisse	Morros e morrotes	Neossolos litólicos, cambissolos e latossolos	Mata latifoliada semidecídua	Dendrítico a subdendrítico e angular	NE-SW, SE-NW, N-S	12 a 20%
Mcr	Gnaisse	Morrotes	Neossolos litólicos, cambissolos e latossolos	Mata latifoliada semidecídua	Subdendrítico	NE-SW, N-S	12 a 20%



CAPÍTULO 11

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da abordagem sistêmica na análise geográfica e geomorfológica revela alguns traços importantes do recurso metodológico em questão na sua parte que serve à ciência geográfica.

Direcionados a estudos espaciais, levados a efeito por uma ciência do espaço, a abordagem sistêmica se espraia em amplas possibilidades de orientações metodológicas para o estudo do meio físico, declarando assim sua versatilidade quando aplicada à Geografia. Todas as áreas do conhecimento compreendidas no sub-conjunto da Geografia Física – geomorfologia, climatologia, biogeografia - admitiram o ingresso da Teoria Geral dos Sistemas no seu templo teórico-metodológico.

Algumas facetas do método sistêmico em Geografia Física foram sucintamente apresentadas nesta pesquisa, como o estudo dos geossistemas, da Ecologia da Paisagem, ou ainda aquelas situadas dentro dos propósitos da geomorfologia, como os sistemas geomorfológicos de Chorley & Kennedy (1971). A pesquisa que se finaliza nesta parte adotou o estudo da fisiologia da paisagem (AB'SÁBER, 1969), a ser efetuado segundo três níveis de abordagem, nos quais o pensamento sistêmico se inscreve de forma explícita.

Uma primeira propriedade importante do método sistêmico que foi verificada durante a pesquisa a ser mencionada é, portanto, sua maleabilidade, função esta das possibilidades de desdobramentos em diferentes nuances que vem coroando vasto plantel de trabalhos em Geografia Física e Geomorfologia. Dessa versatilidade, comprometida com o estudo global dos fenômenos, mediados pelas perspectivas interdisciplinares abertas, o estudo sistêmico potencializa uma outra propriedade que foi de grande importância para a pesquisa, e que se refere à sua capacidade de integrar dados gerados pela aplicação de técnicas variadas e tentativamente ordená-los em uma discussão de síntese.

O estudo dos fatos em três níveis de abordagem permitiu a integração de elementos tectono-estruturais com a evolução morfoclimática da paisagem em função da coincidência temporal entre os dois sistemas de evolução do relevo. A compartimentação do meio físico representada em documento cartográfico de síntese é representativa de uma morfogênese processada, da maneira que foi visto, tanto pela ação de agentes exógenos como por força de mecanismos endógenos após o Cretáceo e ao longo do Quaternário. A diferenciação de

unidades de paisagem da maneira que foi feita foi conduzida pela compartimentação prévia do relevo, diferentemente apresentada na carta representativa das superfícies de erosão e na carta geomorfológica, acompanhada do estudo da evolução da paisagem ao longo do Quaternário.

Foi na investigação da evolução quaternária da paisagem que foram exploradas as perspectivas de integração entre os fatores tectônicos, estruturais e paleoclimáticos atuando na geomorfogênese. A dinâmica natural da paisagem atual, mencionando devidamente as ressalvas onde a ação antrópica é o principal agente geomórfico, é orquestrada por este conjunto de fatores que foram levados em conta na diferenciação das unidades paisagísticas. O conhecimento de elementos como o posicionamento e significado genético-evolutivo das diferentes superfícies de erosão, dos depósitos quaternários e a extensão e direção dos principais lineamentos tectônicos incide para um entendimento do quadro regional, o que auxilia a compreensão da sobreposição existente entre os compartimentos discernidos e sua ligação com o conjunto paisagístico circundante. Com esta noção, percebe-se que as unidades sistêmicas não se manifestam meramente justapostas, mas possuem ligações entre si derivadas de um mecanismo morfogenético relacionado às condições climáticas, ao quadro tectono-estrutural e à produção antrópica do espaço passível de alterar os fluxos de matéria e energia e o regime morfodinâmico natural, determinando a existência de fortes conexões entre as extensões espaciais discernidas, instigando para que, tentativamente, a unidade dos fenômenos verificados seja compreendida.

A compartimentação prévia do relevo foi de grande valor para o desmembramento das unidades de paisagem. Dentro do processo de compartimentação, a primeira divisão de cunho topográfico é aquela que marca a ocorrência na área das superfícies de erosão, onde os setores de cimeira preservam níveis mais antigos consensualmente relacionados à Superfície Sul-Americana. Quanto a isso é necessário ressaltar as limitações inerentes à transposição de nomenclaturas e idades atribuídas às superfícies de erosão dada pelo conjunto de autores que foi analisado; foi percebido que muitas vezes fatores estruturais e tectônicos explicam o posicionamento de uma mesma superfície de erosão em diferentes níveis altimétricos.

A representação cartográfica das superfícies aplainadas pode auxiliar na compreensão do quadro geomorfológico regional e na elaboração de cartas geomorfológicas, guardadas suas relações com aspectos atuais do relevo a serem mapeados. Na carta geomorfológica apresentada, é bastante notória, por exemplo, a adequação do topo das cristas monoclinais com a Superfície Sul-Americana e dos setores intermontanos com aplainamentos mais recentes.

Algumas unidades de paisagem discernidas, por sua vez, guardam relação direta com os padrões de formas de relevo indicados na carta geomorfológica, o que corrobora sua relevância para a compartimentação da paisagem, ao menos e indiscutivelmente em áreas onde configura atributo de destaque. Dessa maneira, a carta geomorfológica estabeleceu uma ligação fundamental entre os mapeamentos preliminares do relevo e a carta-síntese final. A visualização dos conjuntos geomorfológicos ocorrentes incidiu para a delimitação de sistemas de paisagem em face dos demais componentes, bióticos, abióticos e antrópicos.

Os estudos morfoclimáticos e morfotectônicos, levados a efeito concomitantemente à análise e mapeamento do relevo, apontaram para uma notável complexidade na evolução do modelado local e regional, onde atuam concomitantemente mecanismos endógenos e exógenos na evolução da paisagem, cada um deles responsável por uma série de características registradas na morfologia atual, resultado de uma indiscutível ação conjunta perpetrada por estes dois mecanismos. De sucessivas constatações sobre a complexidade inerente à geodinâmica é que se alimentam as crescentes propostas de revisão nos esquemas clássicos de interpretação da evolução da paisagem, o que coloca em tela a dificuldade no estabelecimento de ortodoxias no escopo das geociências. Nesse sentido, o significado paleoclimático dos depósitos quaternários deve ser averiguado em consonância aos efeitos neotectônicos; embora, eventualmente, o significado estratigráfico de linhas-de-pedra, por exemplo, seja explicado por força da atuação de climas mais secos; tais depósitos também podem documentar, conforme aventado por Meis *et al.* (1981), transformações paleohidrológicas de menores amplitudes, sendo que a convergência de ambos os processos parece ser mais segura para a explicação dos depósitos locais. Dentro do mesmo espírito, perturbações tectônicas recentes podem desencadear movimentos de massa episódicos capazes de gerarem coberturas coluviais que não correspondem, necessariamente, ao intemperismo químico puro e único, conforme se considera para a evolução quaternária processada em ambientes caracterizados pelos traços tropicais do clima. Chuvas torrenciais concentradas no tempo também podem desestabilizar a paisagem e remover os tecidos geocológicos em grande escala, com os reflexos mais variados na sedimentação

Entendemos ainda que a unidade se completa quando o homem é colocado de maneira efusiva como participante nato da dinâmica da paisagem, alterando sua morfologia e fluxos de matéria e energia. As áreas extensivamente desflorestadas e cobertas por gramíneas têm sua morfogênese ligada, em larga escala, a um propósito sócio-econômico que orienta o uso do solo e determina os processos geomórficos operantes. Tais meios possuem de maneira segura seus fluxos de matéria e energia alterados ao longo da história da exploração humana, e isso

se manifesta, com efeito, pelo aumento da velocidade do escoamento superficial e, em consequência, da erosão laminar (predominantemente) e concentrada, além de outras manifestações erosivas menores, como a erosão por salpico ou *splash erosion*. Diante disso, o assoreamento dos canais fluviais conectados a estas áreas é inevitável, interferindo nas biocenoses beiradeiras e na erosão marginal. A evolução do relevo em conjunto com as atividades humanas é amplamente perceptível nas observações *in loco*; a visão de grande abrangência têmporo-espacial, no entanto, indica uma morfologia cuja evolução está ligada, certamente, à estrutura e ao clima.

Nos ambientes de mineração, o papel humano é mais preponderante, e parece suplantiar a dinâmica natural. A alteração morfológica é bastante profunda, e os fluxos de matéria e energia drasticamente modificados, com modificação nos padrões de drenagem de alguns setores.

O paradigma da complexidade, quando chamado para as geociências, sugere a interferência de uma série de processos na evolução do modelado, o que incide para uma conclusão óbvia baseada na atuação conjunta dos componentes externos e internos determinando a estrutura, gênese e evolução da paisagem. Somado a isso temos como muito claro um contexto sócio-econômico e o papel do município neste contexto, bem como uma história de ocupação do meio. O pensamento sistêmico, ao organizar tais ordens de interferência, protesta em favor de seu posto holístico, de sua posição de pensamento superior, de caráter organizativo e integrador, e que se manifesta na unidade geográfica.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimmer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, 1998.

AB'SÁBER, A. N. Conhecimentos Sobre as Flutuações Climáticas do Quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. v. 6, n. 1, p. 41-57, 1957.

_____. Conhecimentos sobre as Flutuações Climáticas do Quaternário no Brasil. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, n. 1, p. 24-30, 1958.

_____. Posição das Superfícies Aplainadas no Planalto Brasileiro. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 3, n. 5. 1960.

_____. Revisão dos Conhecimentos sobre o Horizonte Subsuperficial de Cascalhos Inhumados do Brasil Oriental. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. Curitiba, 2:1, 32, 1962.

_____. O Domínio dos “Mares de Morro” no Brasil. **Geomorfologia**. São Paulo: USP. n. 2, 1965.

_____. Depósitos quaternários de valor paleoclimático no Estado de São Paulo. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS. **Resumos de teses e comunicações**. p. 3-4, 1965.

_____. Problemas do Mapeamento Geomorfológico no Brasil. **Geomorfologia**. São Paulo: USP. n. 6, 1969.

_____. O Quaternário na bacia de Taubaté: estado atual dos conhecimentos **Geomorfologia**, São Paulo, n. 7, 1969.

_____. O Quaternário na bacia de São Paulo: estado atual dos conhecimentos. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 8, 1969.

_____. Participação das Superfícies Aplainadas nas Paisagens do Nordeste Brasileiro. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 19, 1969.

_____. Ritmo da Epirogênese Pós-Cretácea e Setores da Superfície Neogênica em São Paulo. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 13, 1969.

_____. Participação das Superfícies Aplainadas nas Paisagens do Rio Grande do Sul. **Geomorfologia**. n 11. São Paulo, 1969.

_____. Pedimentos e Bacias Detríticas Pleistocênicas em São Paulo. **Geomorfologia**. n. 09. São Paulo, 1969.

_____. A Depressão Periférica Paulista: um Setor de Áreas de Circundesnudação Pós-Cretácea na Bacia do Paraná. **Geomorfologia**. São Paulo, v. 15, 1969.

_____. Um Conceito de Geomorfologia à Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**. São Paulo, v. 18, 1969.

_____. Espaços Ocupados pela Expansão dos Climas Secos na América do Sul, por Ocasão dos Períodos Glaciais Quaternários. **Paleoclimas**. São Paulo, n. 3, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1977.

_____. Os Mecanismos da Desintegração das Paisagens Tropicais no Pleistoceno: efeitos paleoclimáticos do período Würm-Wisconsin no Brasil. **Inter-Fácies – escritos e documentos**. São José do Rio Preto, n. 4. Universidade Estadual Paulista, 1979.

_____. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil Atlântico inter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. UGB, v. 1, n.1, p. 27-43, 2000.

_____. Megageomorfologia do Território Brasileiro. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1998. p. 72-105.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB'SÁBER, A. N.; BIGARELLA, J.J. Superfícies Aplainadas no Primeiro Planalto do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**. n. 4/5. p. 117-125, 1961.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e Evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, vol. 28, n. 2, 1998.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. Introdução. In: ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. (org.). **O Pré-Cambriano no Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

ALMEIDA, J. C. H. **Mapeamento Geológico da Folha Luminárias (MG 1/50000) com Ênfase na Análise Estrutural dos Metassedimentos do Ciclo Depositional Andrelandia**. 1992. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1992.

ANDREIS, R. R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P. Ciclos deposicionais no Proterozóico das folhas Barbacena e Divinópolis (setor sul) 1:250.000. In: I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE. Resumos... Rio de Janeiro, p. 101-102, 1989.

ARTUR, A. C. **Rochas metamórficas dos arredores de Itapira – SP**. 1980. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1980.

ARTUR, A. C.; WERNICK, E. Interpretação geotectônica de alguns aspectos do embasamento cristalino do Estado de São Paulo e áreas adjacentes do Estado de Minas Gerais. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. v. 3, 1986, Goiânia. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia**, 1986. p. 1285-1295.

ASMUS, H. E.; FERRARI, A. L. Hipótese sobre a Causa do Tectonismo Cenozóico na Região Sudeste do Brasil. IN: PETROBRÁS. **Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro, 1978.

ASSUMPTÃO, M. *et al.* Sismicidade do sudeste do Brasil. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 1980. Camború, **Anais...**, v.2, p. 1075-1092, Camboriú, 1980.

AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia**: noções básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 103p.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel, 1986. 332p.

BARBOSA, G. V. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 10, p. 89-101, 1980.

_____. Evolução da Metodologia para Mapeamento Geomorfológico do Projeto RADAMBRASIL. **Geociências**, São Paulo, v. 2, p. 7-20, 1983.

BELL, M.; WALKER, M. J. C. **Late Quaternary Environmental Change**: Physical e Human Perspectives. UK: Longman, 1992.

BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. Le Géosystème ou “Système territorial naturel”. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. Tolouse, vol. 49, n. 2, p. 167-179, 1978

BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo, n.13, 27 p. 1971.

BIGARELLA, J. J. Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no Revestimento Florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, n. 10, 11, 12, 13, 14 e 15, p. 211-231, 1964.

_____. Variações Climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua Datação Radiométrica pelo Método do Carbono 14. **Paleoclimas**. São Paulo, n. 1, 1971. 22p.

_____. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: ed. da UFSC, 1994.

_____. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais** (vol. 3). Florianópolis: ed. da UFSC, 2003. 1435p.

BIGARELLA, J. J. MOUSINHO, M. R. Considerações a Respeito dos Terraços Fluviais, Rampas de Colúvio e Várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, 16/17. p. 153-198, 1965.

BILLINGS, M. P. **Structural geology**. New Jersey: Prentice-Hall, 1972. 606p.

BISTRICHI, C. A. **Análise Estratigráfica e Geomorfológica do Cenozóico da Região de Atibaia-Bragança Paulista, Estado de São Paulo**. Rio Claro, 2000. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

BLOON, A. L. **Geomorphology**: a systematic analysis of late cenozoic landforms. New Jersey: Prentice-Hall, 1978. 510p.

BRAUN, O. P. G. Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 32, n. 3, p. 3-39, 1971.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. **Cours de Géomorphologie**. Vol. 1. Paris: Centre de Documentation Universitaire, 1958. 252 p.

CASSETI, V. **Estrutura e Gênese da Compartimentação da Paisagem de Serra Negra – MG**. Goiânia: Ed. da Universidade Federal de Goiás, 1981. 124p.

_____ Algumas considerações morfoestruturais na região de Goiás (GO). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, vol. 4/5/6, n. 1/2, p. 1-12, 1984.

_____ **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1990.

CHORLEY, R. J. A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, jun. 1971.

_____ **Spatial Analysis in Geomorphology**. London: Harper & Row, 1972. 393p.

CHORLEY, R. J. HAGGET, P. **Modelos Físicos e de Informação em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975. 260p.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a Systems Approach**. London: Prentice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. A Significação das Cascalheiras nas Regiões Quentes e úmidas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, n. 8, v. 15, p.42-49, 1968.

_____ **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.

_____ A inserção da Geografia Física na política de desenvolvimento sustentável. **Geografia**, Rio Claro, v. 18, n. 1, p. 1-21, abr. 1993.

_____ **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Büchler, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A.; PENTEADO, M. M. Cronologia relativa do Quaternário na Depressão Periférica Paulista. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 10, n. 19, p. 35-46, jun. 1970.

CLAPPERTON, C. **Quaternary Geology and Geomorphology of South America**. Amsterdã. London. New York. Tokyo: Elsevier, 1993.

CONTI, J. B. Resgatando a “fisiologia da paisagem”. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 14, 2001.

COX, R. T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify áreas of possible Quaternary tilt-block tectonics: na example from the Mississipi Embayment. **Geological Society of America Bulletin**, v. 106, n. 5, p. 571-581, mai. 1994.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba – SP**: Contribuição à Geomorfologia Litorânea Tropical . Tese (Doutorado em Geografia Física). FFCLH. USP. São Paulo, 1974.

DARWIN, C. **Viagem de um naturalista ao redor do mundo**. São Paulo: ed. Abril, 1871. 135p.

_____ **Origem das espécies**. São Paulo: Edusp, 1985.

DEFFONTAINES, P. **L’homme et la Forêt**. Paris: Libraire Gallimard, 1933.188p.

DE MARTONNE, E. **Traité de Géographie Physique**. Paris: Armando Colin, 1932. 1517p.

_____ Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. **Revista Brasileira de Geografia** 5(4), p. 532-550, 1943.

_____ **Panorama da Geografia**. vol. 1. Lisboa: Edição Cosmos, 1953. 953p.

EBERT, H. **Aspectos da geologia de São João Del Rey – os Paraibides entre São João Del Rey e Itapira e a bifurcação entre Paraibides e Araxáides**. São Paulo: SGB-SP, publicação especial, 1984.

EMBLETON, C. Neotectonic and morfotectonic research. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Supl. Band., 63:1-7, 1987.

EMBRAPA Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

ERHART, H. A Teoria Bio-Resistásica e os Problemas Biogeográficos e Paleobiológicos. **Notícia Geomorfológica**. Campinas: nº 11, p. 51-58, 1966.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços neoquaternários no vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 264p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. Rio Claro, 2000. 222p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDES, T. M. G. **Caracterização petrográfica, química e tecnológica do centro produtor de São Thomé das Letras no Sudoeste do Estado de Minas Gerais**. Rio Claro, 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDES, T. M. G.; GODOY, A. M.; FERNANDES, N. H. Aspectos tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 129-141, 2003.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FREITAS, R. O. Ensaio sobre o relevo tectônico do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, vol. 13, n. 2, p.171-222, 1951.

GARCÍA, A. La extinción de la megafauna pleistocénica en los Andes Centrales Argentino-chilenos. **Revista Española de Antropología Americana**, n. 29, p. 9-30, 1999.

GERASIMOV, I. A., MESCERJAKOV, J. A. Morphostruture. In: FAIRBRIDGE, R. W. (ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York: Reinhold Bood, 1968. p.731-732.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1992.

HAGGET, P. **Geography: a modern synthesis**. New York: Harper & Row, Publishers, 1979. 627p.

HARE, P. W; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. In: **ANNUAL BINGHAMTON GEOMORPHOLOGY SYMPOSIUM**. Boston, 1985.

HASUI, Y. Neotectônica e Aspectos Fundamentais da Tectônica Ressurgente no Brasil. In: 1º WORKSHOP DE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CONTINENTAL CENOZÓICA NO SUDESTE DO BRASIL, 11, 1990, Belo Horizonte. Minas Gerais: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 1990. p. 1-31

_____. Neotectônica do Brasil. In: 7º SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL/1º SIMPÓSIO SOBRE O TERCIÁRIO DO BRASIL, 2006, Serra Negra. São Paulo: **Boletim do 7º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil/1º Simpósio Sobre o Terciário do Brasil**, 2006. p. 2

HEILBRON, M *et al.* Província Mantiqueira. In: MANTESSO NETO, V. *et al.* (Org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. 647p.

HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 5-19, 1999.

HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C.; MODENESI-GAUTTIERI, M. C. Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 375-384, 2001.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.**, v. 51, p. 2246-2259, 1967.

_____. Equilíbrio e Dinâmica dos Sistemas Geomorfológicos. **Notícia Geomorfológica**. 13(26). Campinas, 1973.

HUMBOLDT, A. von. **Quadros da Natureza**. 1º vol. São Paulo: Jackson Inc., 1950. 346p.

KELLER, E. A.; PINTER, N. **Active Tectonics: earthquakes, uplift, and landscape**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996, 338p.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 18: 147-265, 1956

_____. **The Morphology of the Earth**. Edinburgh: Olier & Boyd, 1962

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995.

LA BLACHE, P. V. **Princípios de Geografia Humana**. Lisboa: Cosmos, 2º ed. 1954. 241p.

LEINZ, V. **Geologia Geral**. São Paulo: Editora Nacional, 1987. 475p.

LEME, A. B. P. **História física da Terra**. Rio de Janeiro: F. Briguiet & Cia. ed., 1943. 1020p.

LIU, C. C. **Análise Estrutural de Lineamentos em Imagens de Sensoriamento Remoto: aplicação ao Estado do Rio de Janeiro**. São Paulo, 1984. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

LOCZY, L.; LADEIRA, E. A. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 528p.

MAACK, R. Sobre o Itinerário de Ulrich Schmidel Através do Sul do Brasil (1552-1553). In **Geografia Física**, Curitiba, n. 1, 64p., jan. 1959.

MACEDO, J. M. BACOCOLI, G. GAMBOA, L. A. P. O Tectonismo Meso-Cenozóico na Região Sudeste. In: **2º Simpósio de Geologia do Sudeste**. SBG/SP-RJ. São Paulo, 1991.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Malheiros ed., 2002.

MAGALHÃES JR.; TRINDADE, E. S. Relações entre Níveis (Paleo) Topográficos e Domínios Morfotectônicos na Região Sul de Minas Gerais: contribuições aos estudos de superfícies erosivas no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Uberlândia, Ano 5, n. 1, p. 1-10, 2004.

MALAGUTTI FILHO, W. *et al.* Gravimetria e Compartimentação Crustal do Sul de Minas Gerais. **Geociências**. V. 15, n. especial. São Paulo, 1996. p. 199-217

MARQUES NETO, R. **Abordagem Sistêmica em Geomorfologia e Diagnóstico do Meio Físico para Avaliação de Impactos Ambientais Decorrentes da Mineração nas Bacias do Córrego São Thomé e do Ribeirão Vermelho/ São Thomé das Letras (MG)**. 2004. 89p. Monografia (Bacharelado em Geografia). IGCE. UNESP, 2004.

MARQUES NETO, R.; VIADANA, A. G. Instabilidade morfodinâmica na bacia do córrego São Thomé (São Thomé das Letras, MG). In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA., 2005, São Paulo. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo: USP, 2005.

_____. Efeitos neotectônicos na microbacia do córrego da Cachoeira (São Thomé das Letras, MG). In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia: UFG, 2006.

_____. Morfotectônica na bacia do ribeirão Vermelho (São Thomé das Letras, MG): avanços nos estudos neotectônicos no setor meridional do estado de Minas Gerais. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 4, n. 1, p. 67-77. jun. 2006.

MARQUES NETO *et al.* Mineração e impactos ambientais urbanos em São Thomé das Letras (MG). I Congresso Luso-Americano de Planejamento Urbano e Regional Integrado. **Anais...** São Carlos, 2005.

MEIS, M. R. M.; MIRANDA, L. H. G.; FERNANDES, N. F. Desnívelamento de Altitude como Parâmetros para a Compartimentação do Relevo. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1982, Salvador. **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia**. Salvador, 1982. p. 1489-1503.

MEIS, M. R. M.; MOURA, J. R. S.; SILVA, T. J. O. Os “complexos de rampa” e a evolução das encostas no Planalto Sudeste do Brasil. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 23. p. 605-615, 1981.

MELO, M. S. *et al.* Neotectônica da área do alto Rio Pardo (SP e MG). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 27-38, jul./dez, 1993.

MENDES, J. C. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: Queiroz Ed., 1984. 566p.

MENEZES, D. B. **Avaliação de Aspectos Metodológicos e de Informações do Meio Físico para Estudos Geoambientais de Bacias Hidrográficas: Caso da Bacia do Rio Pardo**. Rio Claro, 2000. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

MESQUITA, M. P. S. **Análise estrutural das zonas de cisalhamento da região de Ouro Fino e Borda da Mata – MG**. 1997. 167p. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1997.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-23 Vitória/Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1983.

MIOTO, J. A. Tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro. In: 1º WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. Belo Horizonte: SGB, 1990. p. 33-45

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas:** a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

MONTEIRO, M. F. & SILVA, T. C. **Aspectos Fluviais para Fotointerpretação**. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1989.

MOREIRA, A. A. N. Cartas Geomorfológicas. **Geomorfologia**. São Paulo: USP. n. 5, 1969.

MOREIRA, C. V. R. ; PIRES NETO, A. G. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. S. (Ed.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. cap. 5, p. 69-85.

MOURA, J. R. S.; MEIS, M. R. M. Litoestratigrafia preliminar para os depósitos de encosta do Quaternário Superior do Planalto SE do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 10, 1980.

MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.

NIMMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, S. M. B. – **Análise da Susceptibilidade Ambiental e Diretrizes para o Zoneamento do Núcleo Curucutu do Parque Estadual da Serra do Mar (SP)**. Rio Claro, 2001. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

O ESTADO DE MINAS (www.estaminas.com.br)

Data de acesso: 28/11/2006.

OLIVEIRA, A. A. B. A Abordagem Sistêmica no Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas. IN: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Rio de Janeiro, 2003. **Revista GEOUERJ**, v. especial. Rio de Janeiro, 2003. p. 734-748.

OLIVEIRA FILHO, A. T. RATTER, J. A. Padrões Florísticos das Matas Ciliares da Região do Cerrado e a Evolução das Paisagens do Brasil Central Durante o Quaternário Tardio. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2001. p. 73-88.

PACIULLO, F. V. P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R. R. Reconstrução de uma Bacia Fragmentada: o Caso do Ciclo Depositional Andrelândia. **IN: II SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO**. Salvador, p. 224-226, 1993.

PALITIS, G. G.; GUTIÉRREZ, M. A. Gliptodontes e cazadores-recolectores de la region pampeana (Argentina). **Antiquity Latin American**, v. 9, n. 2, p. 121-134, 1998.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1995. cap. 2, p. 59-122.

PASSOS, E.; BIGARELLA, J. J. Superfícies de Erosão. In: CHUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2001. p. 107-141.

PENTEADO, M. M. Implicações tectônicas na gênese das cuevas da Bacia de Rio Claro. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 8, n. 15, p. 19-41, 1968.

_____. Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos “*stone lines*”. **Cadernos Rioclarense de Geografia**. Rio Claro, n. 2, p. 13-38, 1969.

_____. Características dos pedimentos nas regiões quentes e úmidas. **Notícia geomorfológica**, Campinas, v. 10, n. 19, p. 3-16, jun. 1970.

_____. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: Biblioteca Geográfica Brasileira, 1974.

PENTEADO-ORELLANA, M. M. Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente. **Geografia**. Rio Claro, v. 10, n. 20, p. 125-148, 1985.

PEREIRA, A. B. Aspectos botânicos e ecológicos do componente vegetal dos biomas. **Revista de Geografia**. São Paulo, v. 3, p. 69-76, 1984.

PEULVAST, J. P.; SALES, V. C. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n. 1, 2002.

PICCOLO, P. R. **A Ecologia da Paisagem e a Questão de Gestão dos Recursos Naturais: um ensaio teórico-metodológico realizado a partir de duas áreas da costa atlântica brasileira**. Rio Claro, 1997. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.1, n. 1. UGB, 2000.

PINTO, M. N. Aplainamento nos trópicos: uma revisão conceitual. **Geografia**, Rio Claro, v. 13, n. 26, p. 119-129, 1988.

PIRES NETO, A. G. **Estudo morfotectônico das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí e áreas adjacentes no Planalto Atlântico e Depressão Periférica**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1996. 70p.

PONÇANO, *et al.* **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. v. 1. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais – Pró Minério. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1981. 94p.

RAYNAL, R. O vale do Paraíba, a serra da Mantiqueira e a região de São Paulo. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 5, p. 6-13, abr. 1960.

RIBEIRO, A. *et al.* Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco: análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, **Anais...** p. 2605-2614, Natal, 1990.

_____. Evolução de bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 25, n. 4, 1995.

RIBEIRO, M. W. Evolução pré-cambriana da região Sudeste do Brasil. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 1984. Rio de Janeiro. **Anais...** p. 3133-3142. Rio de Janeiro, 1984.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1979. 327p.

ROSS, J. L. S. Considerações a respeito da importância da geomorfologia na questão dos limites territoriais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 2, p. 65-72, 1983.

_____. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

_____. O Relevo brasileiro, as superfícies de aplanamento e os níveis morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v., p.7-24, 1991.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n.6, 1992.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8. USP. São Paulo, 1994.

ROUGERIE, G. **Les Montagnes dans la Biosphère**. Paris: Armand Colin Éditeur, 1990. 221p.

RUBIN, J. C. **Sedimentação Quaternária, Contexto Paleoambiental e Interação Antrópica nos Depósitos Aluviais do Alto Rio Meia-Ponte – Goiás/GO**. Rio Claro, 2002. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SAADI, A. Importância da Neotectônica na Morfogênese do Leste e do Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO ABEQUA, 2. **Anais...** Rio de Janeiro, 1989.

_____. Um “rift” neo-cenozóico na região de São João Del Rei – MG; Borda Sul do Cráton do São Francisco. In: 1º WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1990, Belo Horizonte. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. Belo Horizonte: SGB, 1990. p. 63-79.

_____. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretações preliminares. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.

SAADI, A.; NOCE, C. M.; QUINTÃO, N. H. Neotectônica na região sul de Minas Gerais: primeiras hipóteses. In: 5º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA, Minas Gerais. **Anais do 5º Simpósio de Geologia**. Minas gerais: Núcleo Minas Gerais, 1989, p. 115-118

SAINT-HILAIRE, A. Bosquejos de minhas viagens ao Brasil e Paraguai. **Vegetalia**, São José do Rio Preto, n. 6, 21p., 1980.

SANCHEZ, M. C. Perfis Topográficos: características e técnicas de construção. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v. 15, n. 29, p. 67-81, 1975.

SANTOS, M. DOS. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. Rio Claro, 1999. 134p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SCHUMM, S. A. Alluvial river response to active tectonics. In: KELLER, E. A. & PINTER, N. (Coordenadores). **Active Tectonics: studies in geophysics**. Washington: National Academy Press, 1986, p. 80-93

SILVA, C. L. **Aspectos Neotectônicos do Médio Vale do Rio Mogi Guaçu: Região de Piraçununga**. Rio Claro, 1997. 169p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SILVA, A. C. *et al.* Relações entre Solos e Paisagens no Sul de Minas Gerais. **Geociências**. v. 21, n. 1/2. São Paulo, 2002. p. 97-111.

_____. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28, p. 455-466, 2004.

SILVEIRA, E. K. P. Ocorrência de Mamíferos da Fauna Original nas Áreas do Sudeste Brasileiro. **Boletim Geográfico**. Ano XXIV, n. 187. pp. 626-641, 1965.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**. n. 16. São Paulo, 1977. 50p.

_____. Por uma Teoria de Classificação dos Geossistemas de Vida Terrestre. **Biogeografia**. n. 14. São Paulo, 1978. 24p.

STEWART, I. S., HANCOCK, P. L. Neotectonics. In: HANCOCK, P. L. **Continental Deformation**. New York: Pergamon Press, 1994. p. 370-409.

STRAHLER, A. N. **Geología Física**. Barcelona: ed. Omega, 3º ed., 2004. 629p.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**: passado + presente = futuro? São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 1999. 366p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis: ed. da UFSC, 2º ed. 1990.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Depósitos Quaternários da Planície Costeira de Cananéia Iguape (SP). **Roteiros das Excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia**. São Paulo, 1992.

SUGUIO, K.; SALLUN, A. E. M.; SOARES, E. A. A. Período Quaternário: “Quo Vadis”? **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 35, n. 6, p. 427-432, 2005.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. New York: British Library Cataloguing in Publication Data, 1991. 537p.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics**: A study of weathering and denudation in low latitudes. New York: John Wiley & Sons, 1994. 460p.

_____ Quaternary fans colluvium as indicators of environmental change and landscape sensitivity. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-11, 2002.

TRICART, J. Divisão Morfoclimática do Brasil Atlântico Central. **Boletim Paulista de Geografia**. n. 31. São Paulo, 1959.

_____ Informações para a Interpretação Paleogeográfica dos Cascalheiros. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, n.4, p. 1-11, 1959.

_____ **Principes et Méthods de la Geomorphologie**. Masson. Paris, 1965

_____ **Introduction a la Géomorphologie Climatique**. Paris: Société D'Édition D'Enseignement Supérieur. Sorbonne, 1965.

_____ **Géomorphologie Applicable**. Masson: Paris, 1978. 204p.

_____ **Ecodinâmica**. SUPREN. Rio de Janeiro, 1977

_____ Paisagem e Ecologia. **Inter- Fácies. Escritos & Documentos**. UNESP. São José do Rio Preto, 1982.

TRICART, J.; SILVA, T. C. Aspectos gerais da sedimentação na bacia de Taubaté (São Paulo, Brasil), **Notícia Geomorfológica**. Campinas, n. 1, p. 6-13, 1958.

TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e Geossistemas do Estado São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**. Vol. 13. nº 25. Rio Claro, 1983

_____. Geomorfologia e Ecologia. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 20, n. 39, p. 33-42, 1990.

_____. **Geossistemas e Geossistemas Paulistas**. Rio Claro: edição do autor, 2000.

TROUW, R. A. J. Novos Dados sobre os Grupos São João Del Rey, Carrancas e Andrelândia. **Anais do II Simpósio de Geologia de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1983.

_____. Metodologia e Problemas no Estudo do Pré Cambriano no Sul de Minas Gerais. **Anais do III Simpósio de Geologia de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1985.

TROUW, R. A. J. RIBEIRO, A. PACIULLO, F. V. P. Evolução Estrutural e Metamórfica de uma Área a SE de Lavras – Minas Gerais. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**. Balenário Camboriú, Santa Catarina, 1980. p. 2773-2784.

TROUW, R. A. J. *et al.* Os Grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia Interpretados como a Continuação dos Grupos Araxá e Canastra. **Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia**. Rio de Janeiro, 1984. p. 3227-3239.

UAGODA, R.; AVELAR, A. S.; COELHO NETTO, A. L. Contribuição a geomorfologia cárstica em rochas quartzíticas: médio vale do Rio Preto, RJ/MG. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia: UFG, 2006.

VARAJÃO, C. A. C. A Questão da Correlação das Superfícies de Erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 138-145, jun. 1991.

VIADANA, A. G. **A Teoria dos Refúgios Florestais Aplicada ao Estado de São Paulo**. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

_____. **A Teoria dos Refúgios Florestais Aplicada ao Estado de São Paulo**. Rio Claro: edição do autor, 2002. 71p.

WERNIK, E.; PASTORE, E. L.; PIRES NETO, A. Cavernas em Arenito. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, n. 13, v. 26. p. 55-67, 1973.

WILLEMS, L.; POUCKET, A.; LENOIR, F.; VICAT, J. P. Phénomènes karstiques en milieux non-carbonatés. **Zeitschrift für Geomorphologie**. Berlin; Stuttgart, vol. 103, p. 193-214, abr. 1996.