UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

DANIELA BEATO

**Estudo do relevo e dos solos da bacia do Rio Preto –
Espinhaço Meridional – MG**
Versão Corrigida

SÃO PAULO

2012

DANIELA BEATO

**Estudo do relevo e dos solos da bacia do Rio Preto –
Espinhaço Meridional – MG**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia Física
da Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Orientadora: Prof^a Dra.
Rosely Pacheco Dias Ferreira
De acordo

São Paulo

2012

Nome: BEATO, Daniela

Título: Estudo do relevo e dos solos da bacia do Rio Preto –
Espinhaço Meridional – MG

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia Física
da Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedico este trabalho à todos os que caminham
comigo...que enriquecem a pessoa que sou...

APRESENTAÇÃO

Este estudo é parte integrante de um projeto maior denominado “Diferenciação de Paisagens Cársticas sobre Rochas Siliciclásticas na Serra do Espinhaço Meridional – Brasil” financiado pela Fapesp, coordenado pela Prof^a. Dra. Nadia Regina do Nascimento da UNESP-Rio Claro.

Compõem o projeto uma gama de pesquisadores de diferentes Universidades, sendo eles:

UNESP – RIO CLARO

Nádia Regina do Nascimento
Norberto Morales
Alisson Duarte Diniz
Cristiane Michelin
Aline Aquino
Rafael Marques

USP

Rosely Pacheco Dias Ferreira
Daniela Beato

PUC-MINAS

Guilherme Taitson Bueno
Sara Almeida
Felipe Guimarães

A associação entre as Universidades permitiu a elaboração de muitos trabalhos acadêmicos, **Trabalhos de Conclusão de Curso, Mestrados e Doutorados**, incluindo esta Dissertação, cujo principal objetivo foi de contribuir para o conhecimento da distribuição das formas de relevo, e da espacialização dos solos na bacia do Rio Preto. Também buscou-se através da análise morfométrica da rede de drenagem caracterizar eventos ligados ao tectonismo regional.

Entre os trabalhos desenvolvidos pela equipe da UNESP- RIO CLARO, e PUC – MINAS , destacam-se os trabalhos de:

Aline de Aquino. **Evolução geomorfológica da bacia do alto Rio Preto (Espinhaço Meridional, MG): taxa de desnudação por Isótopos Cosmogênicos e datações U/Th-He e ¹⁴C.** Início: 2009. Tese (Doutorado em Geografia (Organização do Espaço) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Cristiane Regina Michelin. **Evolução de sistemas de solos laterítico e podzolizado: inferências sobre a forma atual da vertente – Bacia do Alto Rio Preto - MG.** Início: 2008. Tese (Doutorado em Geografia-Organização do Espaço) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Rafael Marques dos Santos. **Comportamento Hidrogeoquímico dos solos de uma topossequência na bacia do Rio Preto Serra do Espinhaço Meridional MG.** Início: 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia - Organização do Espaço) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Felipe Guimarães. **Relação entre características edáficas e a distribuição de três populações em uma área de campo rupestre no Parque Estadual do Rio Preto, MG** . Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Sara Almeida. **Caracterização pedológica de uma vertente do Parque Estadual do Rio Preto, São Gonçalo do Rio Preto-MG.** Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Entre os trabalhos relacionados a participações em eventos e publicações de artigos em periódicos, destacam-se.

→ **Trabalhos Publicados**

MICHELON, C. ; BEATO, D. ; NASCIMENTO, Nádia Regina Do ; FERREIRA, R. P. D. ; AQUINO, A. ; SIRIO, G. N. . **Formação de Horizontes Espódicos pela Recarga de Lençóis Suspensos em Solos Lateríticos Espinhaço Meridional MG - Brasil.** In: XVIII Congresso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo, 2009, San José. XVIII Congresso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo. San José : XVIII CLACS, 2009. v. 1. p. 126-126.

AQUINO, A; MICHELON, C R; BEATO, D. **Superfícies Geomorfológicas na Serra do Espinhaço Meridional-MG.** Trabalho apresentado Seminário de Pós-graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro. pág. 74-86. Nov de 2009.

NASCIMENTO, N, R DO; MICHELON, C, R; BUENO, G, T; FERREIRA, R, P. D; AQUINO, A; BEATO, D; DINIZ, A, D. **Dinâmicas da Matéria Orgânica e do Lençol Freático Suspenso: evolução geomorfológica de uma paisagem podzolizada – Espinhaço Meridional –MG. Brasil.** Trabalho apresentado VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra, Maio de 2010

NASCIMENTO, N. R do. **Alteração das rochas e pedogênese: aplicação na interpretação geomorfológica sistematização crítica.** Tese de Livre- docência apresentada na Universidade Estadual Paulista - UNESP- Rio Claro. 2012.

→ **Trabalhos a serem encaminhados para publicação**

MICHELON, C. ; NASCIMENTO, N, R do ; AQUINO, A. ; FERREIRA, R. P. D. ; BUENO, G. T. ; SANTOS, R. M. dos . **Podzolização de solos empobrecidos em argila sobre Metarenitos Proterozóicos. Espinhaço Meridional MG.** 2011 (Artigo a ser encaminhado para publicação).

NASCIMENTO, N.R. ; MICHELON, C. ; BUENO, G. T. . **Alóctonia e autoctonia dos materiais de origem de uma sequência de solos Laterítico e Podzolizados. Espinhaço Meridional MG.** 2011 (Artigo a ser encaminhado para publicação).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

Em especial às queridas Prof^a Dra. Rosely Pacheco Dias Ferreira e Prof^a Dra Nádia Regina do Nascimento....não tenho palavras...

Ao Prof^a Dr. Adilson Avansi de Abreu, pelas contribuições na qualificação.

As Prof^a Dra. Sonia Maria Furian Dias e Prof^a Dra. Sidneide Manfredini pelo apoio e contribuições.

Ao Instituto Estadual de Florestas (IEF) na pessoa do Antônio A. de Almeida (Tonhão) pelo apoio e suporte fornecido em todos os trabalhos de campo.

As funcionários do Parque Estadual do Rio Preto, Miltinho, Cilico e Anízio pelo apoio e auxílio nas caminhadas durante os trabalhos de campo.

Aos Prof^a Drs. Guilherme Taitson Bueno e Alisson D. Diniz pelos ensinamentos em campo.

À Rita da Rede do Saber (DERSV) pelo apoio, ajuda e conselhos.

Ao Governo do Estado de São Paulo, pela concessão da Bolsa Mestrado.

Aos amigos da escola Dr. Alfredo Reis Viegas, em especial, Regina, Izabel, Adolfo, Adriano, Josiane e Jussara, Pepita, Ana pelo companheirismo e apoio.

Raquel...obrigada...pelo apoio, força e por compartilhar dos mesmos sonhos

Aos meus queridos alunos que sempre ensinam muito mais a mim....do que eu a eles.

Aos meus familiares pelo apoio e carinho.

À minha amada mãe, Elizete, exemplo de mulher forte e corajosa....obrigada.

Ao meu grande companheiro, Leonardo Scotti, pelo amor e dedicação incondicional.

À pequena Gabi, por compreender minha ausência.

Aos amigos...

Marcos, pelos ensinamentos e “salvamentos” no Software ArcGis 9.3, sem sua ajuda a tarefa teria sido muito mais árdua.

Rosana, pelo apoio, carinho e amizade...obrigada pelas contribuições, correções, e ajuda nas restituições...sem palavras...

Cristiane, pela amizade e ajuda em vários momentos deste trabalho.

Otávio, pelo apoio e amizade.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do estudo do relevo e dos solos da bacia do Rio Preto, região centro norte do Estado de Minas Gerais, abrangendo parte do município de São Gonçalo do Rio Preto. Também integra, o Parque Estadual do Rio Preto. O Rio Preto, importante afluente do Rio Araçuaí, faz parte da Bacia do Rio Jequitinhonha. A bacia do Rio Preto encontra-se inserida na Serra do Espinhaço Meridional, estrutura decorrente da tectônica compressiva com cavalgamento, no Mezoproterozóico, sobre rochas quartzíticas. A Carta Exploratória de Solos foi elaborada através de descrições de perfis de solo em campo, e da literatura desenvolvida pelos integrantes do projeto de pesquisa, do qual faz parte este trabalho, visando a espacialização das informações. A Carta Morfológica foi construída por meio da restituição de fotografias aéreas nas escalas de 1:40.000 e 1: 60.000. A predominância dos quartzitos faz com que a região apresente uma cobertura rígida, fraturada e cisalhada. Assim, dado o forte controle estrutural nesta região, neste trabalho foram realizadas análises de parâmetros morfométricos: análise morfométrica, análise da rede de drenagem, através de averiguação de padrões de drenagem, anomalias de drenagem, lineamentos de drenagem, parâmetros relacionados a assimetria da rede hidrográfica, densidade de textura de drenagem, com o intuito de verificar a influência tectônica na bacia do Rio Preto, além do já destacado controle estrutural. Portanto, a análise dos parâmetros morfométricos corroborou o forte controle estrutural e tectônico na bacia do Rio Preto. Portanto, a distribuição dos solos e das feições do relevo sofrem grande influência deste controle. Os solos da bacia foram incluídos em três sistemas de solos: Laterítico, Podzolizado e Lito-dependente, apresentam uma distribuição muito particular. No alto curso predominam os solos do sistema podzolizado e alguns lito-dependentes. No médio e baixo curso dominam os solos pertencentes ao sistema laterítico, com lito-dependentes nas declividades mais acentuadas. As feições do relevo, sofrem grande controle estrutural e tectônico, principalmente no alto curso. No médio e baixo curso dominam as feições de relevo ligadas a erosão e a estrutura.

Palavras chaves: cartografia de solos, cartografia morfológica, análise morfométrica da drenagem, chapadas, sistemas pedológicos

ABSTRACT

This paper presents the results of the study of relief and soils of the basin of the Rio Preto, northcentral region of Minas Gerais state, located in the city of São Gonçalo do Rio Preto, part of the Parque Estadual do Rio Preto. Rio Preto is an important tributary of the Rio Araçuaí which is a tributary of Jequitinhonha. The Black River basin is inserted into the Meridional Espinhaço mountain range, due to the tectonic structure with compressive thrust in Mesoproterozoic on quartzite rocks. The Charter Exploratory Soil was prepared through descriptions of soil profiles in the field, and literature developed by members of the research project, which is part of this work, the spatial order of the information. The Charter Morphologic was built by the restitution of aerial photographs on scales of 1:40.000 and 1: 60.000. The predominance of quartzite makes the region presents a rigid cover, fractured and sheared. Thus, given the strong structural control in this region, this work was performed analyzes of morphometric parameters: morphometric analysis, analysis of the drainage network, through investigation of drainage patterns, drainage anomalies, lineaments drainage, asymmetry parameters related to network hydrographic, drainage density of texture, in order to verify the tectonic influence on Rio Preto basin, beyond the already prominent structural control.

The analysis of morphometric parameters allowed us to understand the evolution of the spatial distribution of soils and relief in the basin of the Rio Preto, because they present evidence on patterns of tectonic dissection of relief distribution and formation of pedological substrate. Therefore, the analysis of morphometric parameters confirmed a strong structural control and tectonic basin of the Black River. Therefore, the distribution of soil and relief features are greatly influenced by this control. The soils of the basin were included in three soil systems: laterite, podzolic and Lito-dependent, have a very particular distribution. In the upper course soils predominate system podzolic and some litho-dependent. In the middle and lower course dominate the laterite soils belonging to the system, with litho-dependent on slopes more pronounced. The relief features, suffer major structural and tectonic control, especially in the upper reaches. In the middle and lower course dominate the features of erosion and relief linked structure.

Keywords: soils mapping, cartography morphological, morphometric analysis of drainage, plateaus, pedological systems

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa da Serra do Espinhaço Meridional, contexto regional. Modificado de Almeida Abreu (1995).....	23
FIGURA 2. Localização da Bacia do Rio Preto, destacada das Folhas Carbonita e Rio Vermelho (1:100 000) e localização das Folhas no Estado de Minas Gerais.....	27
FIGURA 3. Perfil Longitudinal do Rio Preto.....	29
FIGURA 4. Perfil Longitudinal do Rio Preto de acordo com dados levantados em pesquisa de campo.....	29
FIGURA 5. Organograma da Rede Hidrológica da Bacia do Rio Preto, conforme Silva (2008).....	30
FIGURA 6. Compartimentação Morfoestrutural, conforme proposta de Fonsêca & Corrêa	33
FIGURA 7. Carta Geológica da bacia do Rio Preto, elaborado a partir do Mapa Geológico das Folhas Carbonita (23-X-D-IV) e Rio Vermelho (SE-Z-B I), escala 1:120.000.....	37
FIGURA 8. Classificação Taxonômica dos Fatores do Relevo, segundo Tricart (1965).....	41
FIGURA 9. Taxonômica dos Fatores do Relevo, segundo Mescerjakov (1968).....	43
FIGURA 10. Classificação Taxonômica proposta por Ross (1992).....	44

FIGURA 11. Padrões Básicos de drenagem, conforme Howard (1967). (A) Dendrítico; (B) Paralelo; (C)Treliza; (D) Retangular; (E) Radial; (F) Anelar, (G) Multibasinal; (H) Contorcido. Padrões Básicos Modificados (A) Subdendrítico, (B) Pinado, (C) Anastomótico, (D) Distributário, (E) Subparalelo, (F) Colinear, (G) Treliza Direcional, (H) Treliza Recurvado, (I) Treliza de falha, (J) Treliza de Junta, (L) Angular, (M) Centrípeta, (M) Complexo, (O) Composto, (P, Q) Palimpsesto. Fonte:Howard (1967)46

FIGURA 12. Hierarquia das bacias hidrográficas, (A) Horton e (B) Strahler.....47

FIGURA 13. Figura esquemática da evolução do relevo cárstico na área conhecida como “Labirinto de Zeus” no Parque Estadual do Rio Preto, conforme Rodet et al (2009).....52

FIGURA 14. Fator de Assimetria da Bacia (FABD), acordo com Hare e Gardner (1985).....59

FIGURA 15. Fator do Sistema Topográfico Transversal, conforme Cox (1994).....59

FIGURA 16. Mosaico: Pontos de observação da Bacia do Rio Preto – Espinhaço Meridional – MG.....65

FIGURA 17. Carta de Hierarquia da Rede de Drenagem Bacia do Rio Preto – Espinhaço Meridional – MG.....68

FIGURA 18. Padrões de Drenagem da Bacia do Rio Preto, conforme Howard (1967).....74

FIGURA 19. Anomalias de Drenagem da Bacia do Rio Preto.....75

FIGURA 20. Carta de Densidade de Textura da Drenagem Bacia do Rio Preto – Espinhaço Meridional – MG.....79

FIGURA 21. Carta de Sub-Bacias e Micro Bacias do Rio Preto – Espinhaço Meridional – MG.....	80
FIGURA 22. Carta de Lineamentos da Região da Serra do Espinhaço Meridional – MG.....	85
FIGURA 23. Carta de Lineamentos da Bacia do Rio Preto - Espinhaço Meridional – MG.....	86
FIGURA 24. Carta Hipsométrica da Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional – MG	89
FIGURA 25. Carta Clinográfica da Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional – MG	90
FIGURA 26. Esboço Morfológico da Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional – MG.....	92
FIGURA 27. Esboço da Compartimentação Morfoestrutural Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional – MG	98
FIGURA 28 . Localização, representação e perfil topográfico do Latossolos sem Nódulos.....	105
FIGURA 29. Localização, representação e perfil topográfico do Latossolos com Nódulos.....	106
FIGURA 30. Localização, representação e perfil topográfico dos Argissolos sem e com Nódulos.....	108
FIGURA 31. Localização dos perfis encouraçados.....	109
FIGURA 32. Localização, representação e perfil topográfico dos solos lito-dependentes.....	111

FIGURA 33. Carta Exploratória de Solos Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional – MG.....	116
---	-----

LISTA DE FOTOS

FOTO 1. Confluência do Rio Preto com o Rio Araçuaí.....	28
FOTO 2. Rio Preto, próximo a foz, apresenta fundo arenoso e bancos de cascalho, (A) depósito de cascalhos; (B) depósito de areia; (C) detalhe de depósito de areia e cascalho.....	28
FOTO 3. Floresta Estacional Semidecidual.....	38
FOTO 4. Capões de Mata na bacia do Rio Preto.....	38
FOTO 5. Campo Rupestre, área a montante da bacia do Rio Preto.....	38
FOTO 6. A) e B) Aspecto do “Labirinto de Zeus”.....	51
FOTO 7. Sul da Bacia do Rio Preto, antes da entrada do Parque Estadual do Rio Preto. Observa-se ao fundo o Morro Redondo e no primeiro plano, manchas de areia branca, que marcam o caminho da estrada de terra.....	119
FOTO 8. A) Depósitos de seixos e cascalhos, próximo ao Rio Preto, no setor médio da bacia B) Seixos e cascalhos de diferentes tamanhos acompanham o leito do Rio Preto, no setor médio da bacia C) Depósitos de areia branca, no Rio Preto, setor de Montante D) Depósitos de areia e cascalho centimétricos, setor de montante.....	121
FOTO 9. A e B rochas quartzíticas com aspecto de “Ninhos de Abelha”	123

FOTO 10. A e B lapiás horizontais, na foto B podemos observar um plano de inclinação, provável falha na estrutura da rocha, onde a água percorre um caminho preferencial.....	123
FOTO 11. A) Caverna “Labirinto de Zeus” esculpida nos quartzitos da bacia do Rio Preto, B) Paredão rochoso apresentando aspecto ruiniforme, observe as diferentes orientações da estrutura e entrada de uma pequena caverna, representada pelo círculo em vermelho.....	124
FOTO 12. A) Entrada de uma gruta, montante do Rio preto B) Aspecto do interior da caverna, caminho preferencial da água, formando pequenas marmitas interligadas, representada pelo traço em vermelho.....	124
FIGURA 13. A) Formas do tipo Kamenitza com ocupação de vegetação, B) Fratura no quartzito.....	124

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Descrição Morfológica dos Latossolos sem nódulos.....	112
QUADRO 2. Descrição Morfológica dos Latossolos com nódulos.....	113
QUADRO 3. Descrição Morfológica dos Argissolos com e sem nódulos.....	113
QUADRO 4. Descrição Morfológica dos Espodossolos.....	114
QUADRO 5. Descrição Morfológica dos solos Lito-dependentes.....	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Estratigrafia da Serra do Espinhaço Meridional.....	25
TABELA 2 - Parâmetros morfométricos para análise areal da bacia.....	60
TABELA 3 - Parâmetros morfométricos para análise linear da bacia.....	61
TABELA 4 - Parâmetros morfométricos para análise hipsométrica da bacia.....	62
TABELA 5. Dados Obtidos para a Bacia do Rio Preto.....	67
TABELA 6. Simetria da bacia do Rio Preto, distribuição dos canais e área.....	69
TABELA 7. Parâmetros relacionados à Analise Linear.....	70
TABELA 8. Parâmetros relacionados à Analise Areal.....	71
TABELA 9. Parâmetros relacionados à Analise Hipsométrica.....	71
TABELA 10. Resultados dos parâmetros obtidos para Analise Linear da bacia do Rio Preto.....	71
TABELA 11. Sub-Bacias e Micro Bacias, com respectivas, Densidade de Drenagem e Densidade Textural.....	78
TABELA 12. Fator de Assimetria e direção do Lineamento para Micro Bacias e Sub Bacias.....	84

INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO.....	21
2.1. Bases Físicas.....	21
2.2. Localização e Aspectos Físicos da Bacia do Rio Preto.....	26
3. PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS.....	40
3.1. Revisão Bibliográfica de Apoio.....	40
3.1.1. Classificação Taxonômica do Relevo.....	40
3.1.2. Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas.....	45
3.1.3. Carste Sobre Rochas Não Carbonáticas....	48
3.1.4. Trabalhos Relacionados a Morfologia Cárstica Sobre Quartzitos na Bacia do Rio Preto.....	50
3.2. Materiais e Técnicas.....	53
3.2.1. Etapas do Trabalho.....	53
3.2.2. Materiais Utilizados.....	54
3.2.3. As Cartas de Base.....	55
3.2.4. Restituição das Fotografias Aéreas.....	56
3.2.5. Análise Morfométrica da Bacia do Rio Preto.....	57
3.2.6. Esboço Morfológico.....	63
3.2.7. Carta Exploratória de Solos.....	63
3.2.8. Compartimentação Morfoestrutural.....	64
3.2.9. Controle de Campo.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1. Análise da Rede de Drenagem.....	66
4.2. Análise Morfológica e Morfoestrutural.....	87
4.2.1. Cartas Hipsométrica e Clinográfica.....	87
4.2.2. O Esboço Morfológico.....	91
4.2.3. A Compartimentação Morfoestrutural.....	96
4.3. Os Solos da Bacia do Rio Preto.....	103
4.3.1. Análise Morfológica dos Perfis Seleccionados.....	103
4.3.2. Domínios e Sistemas Pedológicos da Bacia do Rio Preto.....	115
4.3.3. Evolução Pedológica da Bacia do Rio Preto.....	125
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
6. BIBLIOGRAFIA.....	129

1. INTRODUÇÃO

A Serra do Espinhaço, importante unidade geológica-geomorfológica, possui mais de 1200 Km de extensão, atravessa o Estado de Minas Gerais, onde é dividida em dois setores, Serra do Espinhaço Meridional e Serra do Espinhaço Setentrional, alongando-se até o norte da Bahia nos limites entre os estados de Pernambuco e Piauí. É a faixa orogênica pré-cambriana mais extensa e contínua do território brasileiro. Apresenta-se como importante divisor da Bacia Hidrográfica do São Francisco que é localizada a oeste dessa Serra, e das Bacias do Rio Doce e Jequitinhonha, a leste.

Apresenta direção geral norte-sul e convexidade orientada para oeste. Do ponto de vista litológico, estrutural e morfológico as duas serras apresentam diferenciações.

Devido a complexidade geológico-estrutural da Serra do Espinhaço, diversos trabalhos vêm sendo realizados, principalmente relacionados à modelos de evolução geotectônica, geodinâmica e crustal. Esses trabalhos têm como objetivo explicar a gênese e evolução da Serra do Espinhaço (Fogaça et al., 1984; Knauer, 1990; Almeida Abreu & Pflup, 1994; Uhlein et al, 1995; Almeida Abreu, 1995; Dussin & Dussin, 1995; Saadi, 1995; Almeida Abreu & Renger, 2002;).

Trabalhos com o intuito de descrever as feições do relevo e os vários tipos de paisagens foram realizados por King (1956), Abreu (1982), Saadi e Valadão (1987), Saadi (1995). King (1956) reconheceu superfícies de aplainamento cíclicas para a região do Espinhaço, desenvolvidas durante o Mesozóico e o Cenozóico. Na Serra do Espinhaço essas superfícies aparecem designadas por “Gondwana”, “Pós-Gondwana” e “Sulamericana”.

Posteriormente, baseando-se nos trabalhos de King (1956), outros autores identificaram e delimitaram diferentes níveis de superfície para a Serra do Espinhaço. Abreu (1982) reconheceu três níveis escalonados, próximos à região de Diamantina. Nível 3 (Post Gondwana) entre 1400 – 1200 m, Nível 2 (Superfície Sulamericana) entre 1100 – 1000 m, e Nível 1 (Ciclo Velhas) entre 800 -750 m.

Para a região de Gouveia, Saadi e Valadão (1987) e Saadi (1995) identificaram quatro níveis geomorfológicos. Um primeiro nível corresponderia a superfície acima dos 1300 m, o segundo nível entre 1300-1250 m, o terceiro nível entre 1100-1050 m e o quarto nível entre 1000- 950 m.

Os estudos levando em consideração mapeamentos de relevo e de cunho geomorfológico na Serra do Espinhaço são poucos. Gontijo (1993) estudou a extremidade sul da Serra do Espinhaço Meridional, mais especificamente a Serra do Cipó, e Abreu (1982) concentrou sua atenção mais ao norte da Serra, nas imediações de Diamantina.

Portanto, dada a riqueza do contexto estrutural e a abundância de indicadores de tectônica, inclusive recente, aliados a diversidade de formas, a Serra do Espinhaço destaca-se como uma região importante para ser analisada sob a ótica da cartografia morfológica. Também registros de coberturas pedológicas diferenciadas, umas relacionadas às Chapadas (Latosolos) e Organossolos e Espodossolos, associados aos altos platôs sobre rochas quartzíticas, **justificam** a escolha da bacia do Rio Preto, dado o potencial para o estudo das relações entre morfogênese e pedogênese.

Também se partiu do pressuposto de que a cartografia das formas de relevo associada ao mapeamento da distribuição dos solos, permitiria construir as hipóteses que norteariam o entendimento da diferenciação das paisagens nesse setor do Espinhaço.

O principal objetivo desta pesquisa foi, portanto, identificar e mapear as formas de relevo e os materiais pedológicos da Bacia do Rio Preto, relacionando-os com os condicionantes estruturais e litológicos, na busca do entendimento genético das formas e da cobertura pedológica.

Para tanto, os **objetivos específicos** foram:

- Analisar a influência da tectônica na formação do relevo, através do estudo de parâmetros morfométricos e lineamentos (drenagem e relevo);
- Elaborar a carta morfológica da bacia do Rio Preto (1:100.000) (apresentada em 1:120.000) buscando uma compartimentação, através da análise da distribuição das formas de relevo;
- Realizar um levantamento expedito dos solos visando a elaboração de uma carta exploratória (1:100.000) (apresentada em 1:120.000), individualizando os sistemas e domínios pedológicos típicos.

Apesar de não ser objetivo do trabalho, a pesquisa promoverá um enriquecimento profissional muito grande, já que permitirá o uso de diferentes ferramentas: fotografias aéreas, softwares de geoprocessamento, trabalhos de

campo, entre outros. O uso destas ferramentas no ensino de Geografia é de fundamental importância, pois permite ao aluno entender a espacialização dos elementos/objetos no espaço geográfico. Assim, espera-se que a aquisição destes novos conhecimentos e técnicas possam ser compartilhados em âmbito escolar.

O trabalho foi estruturado em seis *capítulos*, sendo que o primeiro corresponde a esta introdução.

O *capítulo 2* visa situar e descrever os processos de formação geológica e geomorfológica da Serra do Espinhaço Meridional, no contexto regional. Posteriormente, faz uma contextualização das principais características físicas (drenagem, geomorfologia, geologia, solos, vegetação e clima) da Bacia do Rio Preto.

O *capítulo 3*, referente aos procedimentos e técnicas utilizadas, faz uma breve revisão da bibliografia utilizada, discorre sobre as principais etapas de realização do trabalho, os procedimentos operacionais para a realização dos produtos cartográficos e os parâmetros utilizados para realização da análise morfométrica.

Os resultados e discussão apresentados no *capítulo 4* referem-se às análises dos produtos cartográficos que serviram de base para a realização do trabalho, da caracterização morfométrica e morfológica, assim como da espacialização dos solos na Bacia do Rio Preto.

O *capítulo 5* apresenta as considerações finais, com as observações sobre a distribuição das formas de relevo e dos solos, assim como algumas interpretações da espacialização destes.

No *capítulo 6* consta a bibliografia consultada nesta pesquisa.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDO

2.1. Bases Físicas

→ Geotectônica da Serra do Espinhaço Meridional

A gênese de formação da Serra do Espinhaço é atribuída a processos orogenéticos ocorridos no final do Pré-cambriano, conhecido como Ciclo Brasileiro (Uhlein, Trompete & Egydio Silva, 1995; Maximiliano Martins et al., 2008; Dussin et al., 1990; Dussin & Dussin, 1995).

A Serra do Espinhaço Meridional, de direção geral NNW – SSE, tem sua origem relacionada a um regime de forças extensivas, no Mesoproterozóico, que se traduziu na ruptura e fragmentação da litosfera continental, ocasionando processos de *rifting*. Esses processos de *rifting* deram origem a uma ampla bacia com acumulação de sedimentos, predominantemente arenito, correspondente ao Supergrupo Espinhaço. Nesta fase, houve grande instabilidade crustal, indicada pelos processos de vulcanismo, com ocorrências de diques ou derrames de lavas.

Para Abreu (1995), as três formações inferiores do Supergrupo Espinhaço - formações Bandeirinha, São João da Chapada e Sopa-Brumadinho - indicam, através do seus sistemas deposicionais e estruturais, que se desenvolveram em uma fase correspondente a tectônica de regimes extensivos, dando origem ao *rift* Espinhaço, que evoluiu em três fases distintas.

A primeira fase, ocorrida por volta de 1750 Ma, foi marcada por processos de distensão crustal, iniciando a fragmentação de um supercontinente amalgamado, entre 2100 e 1800 Ma. O registro sedimentar e vulcânico desta fase é encontrado na porção mediana-central da Serra do Espinhaço Meridional e corresponde aos metassedimentos da Formação Bandeirinha, cuja formação deu-se em ambientes fluviais com contribuição eólica e de leques aluviais.

Na segunda fase, a atividade tectônica praticamente inexistiu. Houve uma relaxação termal da crosta, que permitiu a instalação de uma larga bacia fluvial, onde foi depositada a Formação São João da Chapada. A terceira fase é caracterizada por extensão crustal associada a forte aquecimento termal, ocorrendo as deposições das formações Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel.

A fase pós-rift assinalou condições de tendência transgressiva, em uma fase de estabilidade tectônica. Essa fase foi marcada pela formação da sequência de quartzitos, metassiltitos e filitos em alternância, ocorrida em um contexto de subsidência.

Durante o Mezoproterozóico (1250 Ma) ocorreu o fechamento da bacia por esforços compressivos com transporte de E para W, gerando o Orógeno Espinhaço. Nos 250 Ma seguintes ocorreu a sedimentação do grupo Macaúbas, sendo que parte destes sedimentos tem origem glacial e concentra-se na parte mais setentrional da Serra.

No Neoproterozóico, em torno de 900 Ma, a bacia passou por um novo período de extensão crustal, sendo este o período de deposição da Formação Macaúbas e formação do Rift Araçuaí.

No final do Neoproterozóico, aproximadamente entre 650-550 Ma, uma fase compressiva, conhecida por Tectônica Brasileira, foi responsável pelo fechamento da bacia, promovendo a superposição do Grupo Espinhaço às dos grupos Macaúbas e Bambuí e a estruturação da Faixa Araçuaí. No Mesozóico, entre 190 e 170 Ma, ocorreu uma nova fase extensiva, representada por diques de basaltos que cortam unidades estratigráficas regionais, como também as próprias deformações do brasileiro. Este constitui o último evento tectônico que atingiu a borda oriental do Cráton São Francisco, Dussin & Dussin (1995).

→ **Estratigrafia da Serra do Espinhaço Meridional**

Conforme Abreu (1995), a Serra do Espinhaço Meridional apresenta três conjuntos tectono-estratigráficos: Complexo Basal e os Supergrupos Rio Paraúna e Espinhaço e, bordejando a Serra, unidades dos Grupos Macaúbas e Bambuí. (FIGURA 1)

FIGURA 1. Mapa da Serra do Espinhaço Meridional, contexto regional. Modificado de Almeida Abreu (1995)

O Complexo Basal, formado pelo Granito Gouveia e Grupo Congonhas, é encontrado principalmente na faixa mediana-central da Serra do Espinhaço Meridional composto, predominantemente, por rochas graníticas e manchas de rochas gnáissicas-migmatíticas. (TABELA 1)

O Supergrupo Rio Paraúna, considerado uma sequência supracrustal, aflora apenas na faixa mediana-central da Serra do Espinhaço Meridional e na borda sudeste da serra. Subdivide-se em dois grupos: Grupo Pedro Pereira e Costa Sena. A unidade inferior, o Grupo Pedro Pereira, apresenta distribuição areal muito restrita; já a unidade superior, Grupo Costa Sena, é considerada a mais importante desse supergrupo, em termos de distribuição areal.

As rochas do Supergrupo Espinhaço são predominantes na Serra do Espinhaço Meridional, sendo consideradas como pertencentes ao Proterozóico Médio. O termo Supergrupo Espinhaço, conforme Dossin et al (1990), foi introduzido por Pflug (1965) em substituição à designação Série Minas.

O Supergrupo Espinhaço é dividido em duas unidades: Guinda e Conselheiro Mata. O termo Guinda foi proposto por Knauer (1990) em substituição ao Grupo Diamantina de Dossin et al (1984). Este grupo reúne as formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel. Posteriormente, a Formação Bandeirinha foi incluída na base do Grupo Guinda. Este grupo agrega sedimentos de origem continental intercalados com metavulcanitos, relacionados à fase rift da Bacia do Espinhaço.

O Grupo Conselheiro Mata é composto, da base para o topo, pelas Formações Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande. Segundo Dossin et al (1984), este grupo ocorre exclusivamente na borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional. Representa um espesso pacote de sedimentos de origem marinha costeira e contribuição de sedimentos de origem continental.

O Grupo Macaúbas corresponde aos metassedimentos de origem glacial, arenosos e conglomeráticos, que ocorrem sobre unidades do supergrupo Espinhaço. As rochas deste grupo afloram em uma estreita faixa ao longo da Serra do Espinhaço Meridional.

O Grupo Bambuí, composto por sequências carbonáticas com intercalações pelíticas, ocupa vasta área do Craton São Francisco e as bordas oeste e norte do Espinhaço Meridional, recobrando rochas do Grupo Macaúbas ou do Supergrupo Espinhaço, Abreu (1995).

TABELA 1. Estratigrafia da Serra do Espinhaço Meridional

	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	ESPESSURA (METROS)
SUPERGRUPO ESPINHAÇO	CONSELHEIRO MATA	9 – RIO PARDO GRANDE	PELITOS, ARENITOS, LOCALMENTE CARBONATOS	60 - 100
		8 – CÔRREGO PEREIRA	ARENITOS (PUROS OU MICÁCEOS), LOCALMENTE PELITOS	- 250
		7 – CÔRREGO DA BANDEIRA	PELITOS, ARENITOS	100 - 200
		6 – CÔRREGO DOS BORGES	ARENITOS (PUROS OU MICÁCEOS), LOCALMENTE BRECHA / CONGLOMERADOS QUARTZÍTICOS	- 100
		5 – SANTA RITA	PELITOS, SUBORDINADAMENTE ARENITOS	100 - 250
	GUINDA	4 – GALHO DO MIGUEL	ARENITOS, LOCALMENTE LEITOS PELÍTICOS	500 - 3000
		3 – SOPA BRUMADINHO	ARENITOS PUROS, MICÁCEOS OU FERRUGINOSOS, CONGLOMERADOS POLIMÍTICOS, PELITOS, BRECHA QUARTZÍTICA, XISTOS VERDES E FILITOS HEMATÍTICOS.	0 - 250
		2 – SÃO JOÃO DA CHAPADA	ARENITOS (MÉDIOS A GROSSEIROS, PUROS OU MICÁCEOS), FILITOS HEMATÍTICOS, CONGLOMERADO / BRECHA BASAL	0 - 300
		1 – BANDEIRINHA	ARENITOS PUROS OU MICÁCEOS (INCLUINDO RED BEDS), CONGLOMERADOS (SUBORDINADO), LOCALMENTE BRECHAS E PELITOS.	0 - 200
SUPERGRUPO RIO PARAÚNA	GRUPO COSTA SENA (CS)		SERICITA / MUSCOVITA XISTOS COM ± QUARTZO, CIANITA OU TURMALINA E SUBORDINADAMENTE QUARTZO XISTOS, QUARTZITOS E VULCÂNICAS ÁCIDAS OU BÁSICAS.	0 - 600
	GRUPO PEDRO PEREIRA (PP)		TALCO XISTOS COM ± CLORITA E ACTINOLITA / TREMOLITA, SERPENTINITOS, CLORITA XISTOS, FORMAÇÕES FERRÍFERAS BANDADAS, LOCALMENTE MICA XISTOS E VULCÂNICAS ÁCIDAS.	0 - 250
COMPLEXO BASAL	GRANITO DE GOUVEIA		GRANITOS, GRANODIORITOS, TONALITOS	
	GRUPO CONGONHAS		GNAISSES, MIGMATITOS, LOCALMENTE DIORITO	

FONTE: Almeida Abreu & Pflug (1994) apud Almeida Abreu (1995)

→ Geomorfologia da Serra do Espinhaço Meridional

A Serra do Espinhaço divide-se em duas porções, Serra do Espinhaço Meridional e Serra do Espinhaço Setentrional, diferenciadas pela sua litoestrutura e morfologia. Saadi (1995) prefere o termo Planalto para designar estes dois setores, subdividindo, assim, a Serra do Espinhaço em Planalto Meridional e Planalto Setentrional. A descrição da geomorfologia feita neste trabalho será restrita à Serra do Espinhaço Meridional, pois é neste setor que a Bacia do Rio Preto encontra-se inserida.

A Serra do Espinhaço Meridional possui altitude média de 1200 m , sendo o Pico do Itambé o ponto culminante com 2062 m. A morfologia do relevo mostra um plano ligeiramente convexo alinhado em um inclinado de norte para sul.

Dada a predominância de quartzitos, o Planalto Meridional é composto por uma cobertura rígida, fraturada e cisalhada. As formas de relevo predominantes, resultantes da sua esculturação pela dissecação fluvial, são formadas por cristas, escarpas e vales profundos, orientados às direções tectônicas e estruturais. No Planalto encontram-se ainda áreas deprimidas, onde rochas granitóides, metassedimentares e metavulcânicas, sustentam morfologias colineares policonvexas mais ou menos suavizadas, Abreu (1995).

2.2. Localização e Aspectos Físicos da Bacia do Rio Preto

→ Localização

A área de estudo, a Bacia do Rio Preto, **localiza-se** na parte centro norte do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, entre as coordenadas 43°22'36" e 17°52'10", compreendendo o município de São Gonçalo do Rio Preto e parte do Parque Estadual do Rio Preto, administrado pelo Instituto Estadual de Floresta (IEF). Interliga-se com Belo Horizonte através das rodovias BR040, BR135, BR259, BR367 e MG214. A distância entre a capital Belo Horizonte e a área de estudo é de aproximadamente 348 Km.

O Rio Preto deságua no Rio Araçuaí, um dos principais afluentes da margem direita do Jequitinhonha. A área total da Bacia do Rio Preto compreende 393,5 Km² ocupando parte das cartas topográficas de Carbonita e Rio Vermelho na escala de 1:100.000, respectivamente Folha SE-23-X -D-IV e Folha SE-23-Z-B-I (IBGE 1977; IBGE 1992). (FIGURA 2)

FIGURA 2. Localização da Bacia do Rio Preto, destacada das Folhas Carbonita e Rio Vermelho (1:100 000) e localização das Folhas no Estado de Minas Gerais

→ Aspectos Físicos da Bacia do Rio Preto

A **rede hidrográfica** do Rio Preto (FOTO 1) apresenta, predominantemente, padrão de drenagem paralelo condicionado pelos lineamentos geológicos. O padrão de drenagem da bacia sofre alterações em seu médio curso, onde predominam os padrões dendríticos. Em seu alto e médio curso, o Rio Preto e seus afluentes apresentam forte condicionante estrutural, com nascentes entre 1600 e 1000m e 1000 a 1200m de altitude, respectivamente. Apresentam canal irregular por entre lajeados de rocha quartzíticas, corredeiras e cachoeiras. Nas suas margens podem-se encontrar bancos de cascalho e depósitos de areia (FOTO 2). Na parte jusante da bacia, nascentes de alguns afluentes do Rio Preto podem estar entre altitudes de 1000 a 800m. Apresenta-se ora meandrante ora encaixado, com largura de até 20 m em alguns pontos e extensos depósitos de areia, Siqueira (2004).

FOTO 1. Confluência do Rio Preto com o Rio Araçuaí (foto da autora).

FOTO 2. Rio Preto, próximo à foz, apresenta fundo arenoso e bancos de cascalho, (A) depósito de cascalhos; (B) depósito de areia; (C) detalhe de depósito de areia e cascalho (foto da autora).

O perfil longitudinal do Rio Preto possui extensão de aproximadamente 71 Km. Inicia-se em terrenos rochosos de baixa declividade, em altitude próxima aos 1500 metros, apresenta trechos de corredeiras e cachoeiras de fundo rochoso. A partir de seus 20 Km de extensão apresenta declividade suavizada, saindo dos 750 metros para 666 metros até a foz.

Um problema levantado em campo e, até mesmo pelos guias do Parque Estadual do Rio Preto, diz respeito à toponímia dos rios nas cartas topográficas da

região. Durante a pesquisa de campo, e de acordo com dados de GPS, a nascente do Rio Preto foi pontuada onde está localizado o Córrego Taioba (FIGURA 3), conforme carta topográfica. Caso a localização do Rio Preto na carta topográfica estivesse incorreta, o perfil do rio teria outra configuração (FIGURA 4). Sua nascente estaria localizada acima dos 1500m de altitude e sua extensão seria de aproximadamente 69 Km. Próximo à altitude de 1300m apresentaria um patamar rochoso e uma declividade mais acentuada em torno de 5 a 10%, aproximadamente a 10 Km de sua nascente.

FIGURA 3. Perfil Longitudinal do Rio Preto

FIGURA 4. Perfil Longitudinal do Rio Preto de acordo com dados levantados em pesquisa de campo

FIGURA 5. Organograma da Rede Hidrográfica da Bacia do Rio Preto, conforme Silva (2008)

O organograma da rede de drenagem (FIGURA 5) apresenta a rede de canais fluviais conforme a carta topográfica. A toponímia adotada (IBGE) difere daquela utilizada nos mapas de referência do Parque Estadual do Rio Preto.

Com o intuito de facilitar o trabalho de pesquisa, e já que este se insere em um projeto maior, adotou-se como nascentes do Rio Preto aquele denominado por Córrego Taioba nas cartas topográficas do IBGE.

Poucos trabalhos foram feitos na região interessando aspectos de **geomorfologia**, com mapeamentos e análises do relevo em escala regional. Em regiões próximas, destaca-se o trabalho de Abreu (1982), que estudando a região próxima a Diamantina reconheceu três níveis escalonados: Nível 3 (Post Gondwana) entre 1400 - 1200 m; Nível 2 (Superfície Sulamericana), entre 1100 – 1000 m; e Nível 1 (Ciclo Velhas), entre 800 - 750 m.

O nível 3 corresponde aos inselbergs quartzíticos, couraça ferruginosa associada a filitos hematíticos, depressões hidromórficas de nascente (presença de

turfeiras) e presença de depósitos coluviais capeados por solos arenosos. Esse primeiro nível compreende as nascentes do Ribeirão Datas até o norte de Guinda.

O nível 2, proposto por Abreu (1982), compreende os depósitos supergênicos de Manganês, que aparecem de forma descontínua próximos a Conselheiro Mata.

Os terraços de cascalhos, embutidos na Superfície Sulamericana (1100 - 1000 m), correspondem ao nível 1 reconhecido por Abreu (1982).

Na região de Gouveia, sudoeste da Bacia do Rio Preto, quatro níveis geomorfológicos foram identificados por Saadi e Valadão (1987) e Saadi (1995). O primeiro nível corresponde a superfície acima dos 1300 m e apresenta relevos residuais quartzíticos. Um segundo nível, entre 1300 - 1250 m, a um relevo dissecado (Sulamericana) sobre rochas do pré-cambriano. Estas deram origem a superfícies de areias quartzosas sobre couraça ferruginosa, sobre filitos hematíticos e/ou rochas metabásicas. Cobrindo os glaciais quartzíticos encontra-se laterita ferruginosa e turfeiras. O terceiro nível, entre 1100 – 1050 m, forma um nível de aplainamento sobre rochas do embasamento, marcado por depósitos de seixos e blocos de quartzo subarredondados sotopostos a areais quartzosas. A superfície marcada por vales, ainda em processo de aprofundamento, corresponde ao nível entre 1000 – 950 m.

Estudando o relevo da Serra do Cipó na Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Gontijo (1993) dividiu a Serra em três Unidades Morfoestruturais. Cada uma das unidades foi subdividida em Unidades Morfoesculturais e estas, segmentadas conforme análise descritiva do relevo, em Formas do Relevo. A pesquisadora concluiu que a Serra do Cipó sofre forte imposição estrutural associada à tectônica compressiva de cavalgamento ou empurrão, resultando em um relevo de patamares estruturais, patamares em vales ortoclinais e escarpas de diferentes dimensões.

Gontijo (1993) individualizou para a região quatro níveis morfológicos com topos aplanados, sem nenhuma conotação genética ou relacionando-as às superfícies de aplanamento brasileiras. Assim, propôs um primeiro nível com topos aplanados: entre 800 a 900 m, na depressão periférica sobre o grupo Bambui; entre 1250 a 1350 m, um topo cimeiro em nível intermediário, no centro da Serra; 1350 a 1450 m no topo da serra a leste e, entre 1450 a 1550 m, no topo de anticlinais e sinclinais, ao sul da Serra. Nomeou as escarpas de acordo com sua dimensão, aspecto e gênese.

Escarpas superiores a 300 metros foram denominadas de *nappes*; entre 100 e 300 metros *Lambeau de Charriag*, e as residuais, de dimensões inferiores a 100 m, são do tipo *Klippen*. Entre as formas de relevo mapeadas por Gontijo (1993), destacam-se as cabeceiras hidromórficas em forma de Dale, vales do tipo combe, vertentes em facetas triangulares e chevrons, cristas.

Outro trabalho recém publicado, e este de caráter mais local por Fonsêca & Corrêa (2010), propõe a divisão da bacia e entorno em quinze compartimentos morfoestruturais (FIGURA 6). Destes, seis morfoestruturas principais compõem a Bacia do Rio Preto, sendo que cinco delas extravasam para além da bacia (IV-III-XIII-XIV e XI) e apenas uma (X) é restrita à bacia e corresponde ao Graben do Rio Preto.

No Alto Curso:

- O compartimento morfoestrutural denominado de (III) Bloco Quartzítico em patamares escalonados localiza-se na alta Bacia do Rio Preto, apresenta média densidade de drenagem com trechos retilíneos e ainda condicionados pela estrutura, pois a direção predominante é ainda N. A presença de patamares escalonados deve-se à ocorrência de falhas reversas e normais, ocasionando o aparecimento de inúmeras quedas d'água. Os lineamentos estruturais estão relacionados às falhas normais que delimitam o bloco, provocando também feições retilíneas do relevo em direção a NE.
- O compartimento denominado de Bloco Soerguido Basculado ao Sul (IV), conforme Fonsêca & Corrêa (2010), compõe toda a área sul da bacia, região das cabeceiras do Rio Preto, caracterizada por alta densidade de drenagem com predominância dos lineamentos na direção NW, altimetria entre 1200 e 1800 metros. Apresenta-se como um bloco de rochas quartzíticas e quartzitos micáceos, cortadas por falhas verticais de direção NW, limitado por falhas de direção E-W ao sul. Na porção mais ao norte, apresenta um basculamento na direção NE devido aos dobramentos. As falhas possuem extensões de centímetros a centenas de metros, ocorrem também no contato entre as diferentes litologias.

FIGURA 6. Compartimentação Morfoestrutural conforme proposta de Fonsêca & Corrêa (2010)

No médio curso, o vale do Rio Preto aparece alojado num graben (X) limitado por dois altos estruturais correspondentes ao que o autor chamou de Semi Horst. (XIV e XIII)

- A unidade morfoestrutural Semi Horst Quartzítico Basculado para NE (XIV) atua como divisor entra as Bacias do Rio Preto e Jequitinhonha. Basculado para NE apresenta elevada densidade de drenagem. A litologia composta de xistos verdes e quartzitos micáceos (Supergrupo Espinhaço) estão sobrepostos aos metadiamicititos (Formação Serra do Catuni) por falhas de cavalgamento. A unidade é caracterizada por um relevo em cristas e vales alongados, com alguns setores aplainados.
- A unidade morfoestrutural Semi Horst com Estrutura em Crista e Vales (XIII) abrange desde a média bacia até a foz do Rio Preto e representa o divisor Rio Preto/Araçuaí. A litologia é composta por quartzitos micáceos e xistos verdes, ambas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço. O relevo é formado por estruturas em cristas e vales, com alguns topos aplainados intercalados por cristas mais acentuadas. Os lineamentos de drenagem ocorrem em todas as direções, refletem o encaixe da drenagem em sistema de falhas e fraturas orientadas na direção NE, pois sofre influência do sinclinal que orienta este bloco preferencialmente para Nordeste.
- A unidade denominada Graben do Rio Preto (X) , apresenta litologia quartzítica (Supergrupo Espinhaço) do médio Rio Preto até sua foz. O relevo, apresenta-se colinoso em uma das margens do vale, enquanto que, na outra margem o contato é mais abrupto. Apresenta planície fluvial e terraços. Os lineamentos marcados pela orientação das vertentes tem direção predominante E-W, ortogonal ao eixo sinclinal atuante. Os lineamentos da baixa bacia, por possuírem maior comprimento em relação aos demais, foram interpretado como indicativo de um sistema de fraturas.

No setor jusante:

- A morfoestrutura Semi Horst com Cimeira Conservadas (XI) caracteriza-se por relevo sobre metadiamicititos (Formação Catuni). Esta unidade atua como divisor das Bacias do Rio Preto e Jequitinhonha. Apresenta características de aplainamento em altitudes

de 1000 metros. Estruturas em cristas e vales alongados compõem esta porção da unidade morfoestrutural

Geologicamente, a região da Bacia do Rio Preto pode ser definida como parte integrante de um orógeno de empurrão, com sistema de falhas inversas e zonas de cisalhamento dúctil, conforme Foresto (2008).

A Bacia do Rio Preto encontra-se inserida, principalmente, nas rochas do Supergrupo Espinhaço, Grupo Guinda (Knauer, 1990) ou Diamantina (Dossin et al, 1984), de idade Proterozóica, formado por metassedimentos de origem fluviais, eólicos e de planícies aluviais.

A Formação Sopa Brumadinho predomina (FIGURA 7) no sul da bacia. O Grupo Macaúbas, de idade Neoproterozóica, é representado pelas Formações Catuni e Formação Chapada Acauã, que são encontradas, respectivamente, na porção norte e na foz da Bacia do Rio Preto. A referida Formação é caracterizada por quartzitos de grão fino a médio, discretamente micáceo, contendo lâminas de óxidos de ferro e estratificação cruzada tabular (COMIG, 2006).

Manchas de quartzito puros são encontradas ao sul e na porção do médio curso do Rio Preto. Uma grande mancha de xistos verdes (metabásicas e metaultrabásicas), preservando estruturas em almofadas e níveis tufáceos, metassedimentos e psefito-pelíticos pode ser observada próxima ao médio curso do Rio Preto. Em menor extensão e em forma de manchas pode-se encontrar cobertura elúvio-coluvionar (Terciário/Quaternário) em superfícies de aplainamento, principalmente na porção do médio e baixo curso do Rio Preto.

São dois os tipos de depósitos recentes: os de idade terciária, que representam as coberturas detrítico-lateríticas, e os de idade quarternária, que são representados pelos aluviões que margeiam os rios, conforme Siqueira (2004). Muitos dos depósitos de idade terciária constituem testemunhos de superfícies pediplanizadas, as chapadas com altitudes entre 1000 e 1100 metros. Essas coberturas são formadas por areias inconsolidadas, as semi-consolidadas (quartzíticas), às vezes envoltas por latossolos vermelho-amarelo. Já os depósitos sedimentares do quaternário estão representados pelos aluviões holocênicos de inúmeros cursos d'água.

Na montante da bacia encontram-se relevos residuais de inselbergues ou maciços rochosos e amplos glaciais que se acomodam em espigões entre as

drenagens. À medida que a dissecação aumenta em direção à jusante, os espigões perdem continuidade cedendo lugar aos relevos de colinas. Os inselbergues e maciços somente são observados entre 1450 e 1700 metros e acima dos 1800 metros. Entre as altitudes de 1450 e 1700 metros surgem remanescentes de couraça ferruginosa laterítica, também encontradas no médio curso, entre 700 e 1050 metros, em posição de borda e topos do interflúvio. (Nascimento et al 2010).

Os **solos** da região são rasos, arenosos e pobres em nutrientes, devido principalmente à sua derivação litológica, formados predominantemente a partir de rochas quartzíticas do Super Grupo Espinhaço. Ocorrem, também, perfis mais profundos lateritizados, arenosos, podzolizados ou não. Estudos sobre os solos ainda são poucos, dada a predominância de solos rasos e arenosos, portanto de menor interesse econômico.

Os neossolos desenvolvem-se sobre os quartzitos nas regiões de serra. Nos espigões, os solos são litodependentes e apresentam-se laterizados.

Trabalhos recentes detalharam a parte montante da Bacia do Rio Preto, compartimento com características morfológicas e pedológicas diferenciadas, em relação ao restante da bacia. Assinalaram que na parte mais colinosa, entre afloramentos de quartzitos, dois sistemas de solos estão dispostos em sequência nas vertentes dos pequenos interflúvios, associados a porções mais deprimidas do relevo: um laterítico e outro podzolizado. Nas zonas abaciadas encontram-se os organossolos e nas várzeas, podzóis e sedimentos recentes, Michellon (2011).

No Plano de Manejo do Parque do Rio Preto, conforme Siqueira (2004), foram mapeadas as seguintes classes de solo: Neossolos Litólicos, Latossolos Vermelhos Distróficos, Cambissolos, Neossolos, Organossolos, Neossolos Flúvicos e afloramentos de rocha.

FIGURA 7. Carta Geológica da Bacia do Rio Preto Espinhaço Meridional - MG

A **vegetação** pertence ao bioma Cerrado, sendo que as formações vegetais predominantes são do tipo campestre e savânica. Ao longo das vertentes dos córregos e rios encontram-se áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FOTO 3). Nas porções mais elevadas ocorrem os “capões de mata” (FOTO 4). Este tipo vegetacional aparece como “ilhas” em meio as formações campestres, principalmente onde há acúmulo de água, ou seja, próximas ou nas cabeceiras de drenagem e córregos. Essa vegetação também recebe o nome de “Floresta Semidecidual Pluvial-Nebulosa” ou “Floresta Montana”, conforme Siqueira (2004).

Na Região do Parque Estadual do Rio Preto, foram descritas por Siqueira (2004) três formações predominantes: Floresta Estacional Semidecidual; Cerrado sentido restrito (Formações Savânicas), divididas em três formações: Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre; e Formações Campestres, subdivididas em Campo Limpo (seco e úmido) e Campo Rupestre (FOTO 5).

FOTO 3. Floresta Estacional Semidecidual
(fotos da autora)

FOTO 4. Capões de Mata na bacia do Rio Preto

FOTO 5. Campo Rupestre, área a montante da Bacia do Rio Preto (foto da autora)

O **clima** da região é tipicamente tropical com duas estações bem definidas, uma chuvosa (novembro a março) e outra seca (junho a agosto). Nas altitudes mais elevadas há o predomínio de temperaturas mais amenas durante todo o ano, com média anual de 19°C. Segundo dados do INMET, 2002 (Estação de Diamantina), as temperaturas médias, mínima e máxima, correspondem a 14,8 e 23,7°C, respectivamente, enquanto que a precipitação pluviométrica média anual é de cerca de 1200 mm/ano. A topografia da região do Espinhaço favorece a precipitação, principalmente devido ao efeito orográfico.

3. PROCEDIMENTOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

3.1. Revisão Bibliográfica de Apoio

3.1.1. Classificação Taxonômica do Relevo

Existem várias propostas de classificação taxonômica do relevo e, segundo Abreu (1982), todas vinculadas à escola alemã, ou seja, as diferentes propostas têm como referência a metodologia desenvolvida por Penck, em 1924. Assim, todas as classificações desenvolvidas pelas diferentes linhas de pesquisa consideram a participação das forças endógenas e exógenas na gênese e evolução do relevo.

Neste trabalho serão apresentados os princípios metodológicos de classificação taxonômica das propostas desenvolvidas por Cailleux & Tricart (1956), Mescerjakov (1968) e Ross (1992).

De maneira geral, todas as propostas procuram entender a gênese e evolução das formas de relevo, sua relação com a estrutura e a dinâmica dos processos. Assim, as classificações taxonômicas são de fundamental importância para os trabalhos em diferentes escalas, da regional a local.

Cailleux & Tricart (1956) consideram dois princípios fundamentais para a análise geomorfológica: o dinâmico e o dimensional. O dinâmico relaciona-se aos mecanismos estruturais (litoestratigráficos e tectônicos) e climáticos, que dão origem às formas. Já o dimensional está ligado à noção de escala, à dimensão temporal e espacial da forma.

Portanto, relaciona a idade das formas de relevo e sua evolução no tempo. Assim, quanto maior o tamanho das formas, maior o tempo de sua formação. Neste caso, os grandes conjuntos de relevo estariam relacionados aos processos endógenos, principalmente tectônicos, que atuam em um intervalo de tempo longo e as formas menores (métricas e kilométricas), que possuem um intervalo de tempo curto, estariam ligadas ao clima e a litoestratigrafia.

Os dois autores classificam os fatos geomorfológicos em sete grandezas, mais tarde aumentadas para oito (FIGURA 8). Ressalta-se que a proposta de Cailleux & Tricart (1956) não considerava os movimentos dos continentes, ou seja, tectônica de placas. Os autores consideravam os mecanismos tectônicos como

aqueles orientados pelos movimentos de soerguimento e subsidência verticais, isostáticos. Portanto, teoria pouco válida para os dias atuais, em que a tectônica global comprova os movimentos da crosta.

Ordem	Unidade de superfície (km ²)	Características das unidades (exemplos)	Unidades climáticas correspondentes	Mecanismos genéticos que comandam o relevo	Ordem de grandeza de permanência temporal
I	10 ⁷	Continentes, Bacias Oceânicas (configuração do globo)	Grandes conjuntos zonais, comandados pelos fatores astronômicos.	Diferenciação da crosta terrestre, "SIAL" e "SIMA"	10 ⁹ anos
II	10 ⁶	Grandes conjuntos estruturais (Escudo Escandinavo, Tétis, Bacia do Congo)	Grandes tipos de climas (interferência de influências geográficas com os fatores astronômicos).	Movimentos da crosta terrestre, como a formação de geossinclinais. Influências climáticas sobre a dissecação.	10 ⁸ anos
III	10 ⁴	Grandes unidade estruturais (Bacia de Paris, Jura, Maciço Central).	Nuances nos tipos de climas, mas sem grande importância para a dissecação.	Unidades tectônicas tendo uma ligação com a paleogeografia. Velocidade de dissecação influenciada pela litologia.	10 ⁷ anos
IV	10 ²	Unidades tectônicas elementares: maciços montanhosos, horsts fossas.	Climas regionais com influências geográficas sobretudo nas regiões montanhosas.	Influência predominantemente da tectônica; secundária da litologia.	10 ⁷ anos
V	10	Acidentes tectônicos: Anticlinal, calha e sinclinal, etc, monte, vale, etc.	Climas locais influenciados pela disposição do relevo: encostas mais e menos expostas à insolação; degraus montanhosos.	Predominância da litologia e das estruturas; influências estruturais clássicas.	10 ⁶ a 10 ⁷ anos
VI	10 ⁻²	Forma do relevo: crista, terraço, circo, moraina terminal, conre de dejeção.	Microclima diretamente ligado à formas (nicho de nivação, por exemplo)	Predominância do fator morfodinâmico, influenciado pela litologia.	10 ⁴ anos
VII	10 ⁻⁶	Microformas: lentes de solifluxão, solos poligonais, ravinas.	Microclima diretamente ligado à forma por autocatalise (exemplo: lápies).	Idem	10 ² anos
VIII	10 ⁻⁸	Microscópia: detalhes de corrosão, de polimento, etc.	Micromeio	Interferência da dinâmicas e da textura da rocha.	

Fonte: Tricart, J. - 1965 (apud Santos, 1989).

FIGURA 8. Classificação Taxonômica dos Fatores do Relevo, segundo Tricart (1965)

A proposta metodológica de Mescerjakov (1968) considerava que a gênese e evolução do relevo em qualquer escala temporo-espacial sofre influência das forças endógenas e exógenas. Faz a separação entre as formas originadas do comportamento das estruturas geológicas, denominando-as de morfotecturas e morfoestruturas, daquelas originadas pela ação climática, as morfoesculturas.

Mescerjakov (1968) considera que a morfogênese resulta de um prolongamento da atividade estrutural ligada a movimentos neotectônicos. Estes

dariam expressividade às estruturas do relevo, originando as morfoestruturas, em detrimento da litoestratigrafia. Portanto, valoriza os movimentos neotectônicos recentes.

As morfoesculturas são de dimensões reduzidas em relação às morfoestruturas e encontram-se inseridas nestas. As morfoestruturas, quando agrupadas, podem ocupar áreas de morfologia semelhante, que resultariam na formação de zonas morfoesculturais, cujos limites seriam resultantes de processos morfogenéticos pretéritos (formas reliquiaes) e processos morfogenéticos atuais (formas atuais).

As características que diferenciam as propostas de classificação francesa e soviética correspondem à participação das forças exógenas na formação do relevo. Na primeira proposta vê-se a morfologia como agente da morfogênese, que condiciona os processos atuais. Na segunda proposta, os processos morfoclimáticos atuais condicionam a evolução morfológica.

Mescerjakov (1968), nesta concepção de gênese de relevo baseada nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, faz uma proposta de classificação do relevo em seis táxons (FIGURA 9).

Em todos eles, considera a participação ativa dos movimentos tectônicos e das influências litoestruturais. Não condiciona diretamente as formas de relevo ao tempo de duração de sua formação e esclarece que, de acordo com o contexto estrutural, pode-se ter formas maiores ou menores com mesma idade. Esta proposta permite maior flexibilidade em relação ao tamanho da forma a ser inserida em cada um dos táxons.

Superfície em Km ²	Elementos Morfoestruturais (morfotectônica do Relevo de continentes e depressões oceânicas)	Categorias Morfoesculturais do Relevo (Terra Firme)	Categorias Morfoesculturais do Relevo (Fundo dos Oceanos e Mares)
10 ⁷ a 10 ⁶	Morfotecturas de 1a. ordem - massa continentais (incluindo as plataformas continentais) depressões oceânicas)	Zonas morfoesculturais (morfoclimáticas) zonas de morfoesculturas criogênica, glacial, fluvial, árida e outras	Zonas morfoesculturais: -zonas circumpolares de formas glaciais - zonas de altitudes temperadas - zonas tropicais e equatoriais
10 ⁶ a 10 ⁵	Morfotecturas de 2a. ordem planos de plataforma, zonas montanhosas (orogênicas)		
10 ⁵ a 10 ³	Morfoestruturas de 1a. ordem - planaltos, baixas regiões planas, cadeias de montanhas, depressões extensas, etc.	Províncias morfoesculturais, províncias de morfoesculturas fluvial de tipo Mediterrâneo, províncias de erosão glacial, províncias de acumulação, etc.	
10 ³ a 10 ²	Morfoestruturas de 2a. ordem - bombeamentos tectônicos marcados no relevo, depressões tectônicas, etc.	Regiões morfoesculturais de morainas frontais, regiões de relevo cárstico, etc	
10 ² a 10	Morfoestruturas de 3a. ordem - anticlinais marcadas no relevo, fossas recentes, cumeadas, etc.	Formas particulares do relevo determinadas sobretudo pelos fatores exogenéticos. Vales fluviais, formas cársticas, etc.	Vales submarinos, formas de acumulação de icebergs.
10 a 10 ⁻¹	Microrrelevo tectônico, diques, fendas.	Pequenas formas de relevo de origem exógena. Solos poligonais, pequenos hidrolacólitos.	

FIGURA 9. Taxonômica dos Fatores do Relevo, segundo Mescerjakov (1968)

A proposta de classificação taxonômica do relevo mais recente é a de Ross (1992), que classifica as formas de relevo em seis táxons, partindo da unidade morfoestrutural maior e mais antiga para as formas vinculadas aos processos atuais, menores e mais jovens. (FIGURA 10).

O primeiro táxon destaca as unidades morfoestruturais, grandes formas de relevo ligadas a conjuntos litoestruturais. O segundo táxon está relacionado às unidades morfoesculturais e reflete a influência das litoestruturas que direcionaram a atuação dos agentes exógenos. No terceiro táxon considera a atuação dos domínios morfoclimáticos, no que diz respeito à sua gênese e dinâmica evolutiva.

Neste táxon percebe-se o referencial escalar-temporal elaborado por Tricart (1965). Os padrões de formas semelhantes (unidades morfológicas) correspondem a conjuntos menores de formas de relevo embutidas nas unidades morfoesculturais. Destacam-se nesta unidade diferenças de padrões (padrões de colinas, de formas tabulares, de morros, por exemplo) em relação ao grau de dissecação, da rugosidade da topografia, da forma dos interflúvios, das vertentes e fundos de vale. Esses padrões de formas têm idade recente e estão sob a atuação de processos erosivos que favorecem a dissecação do relevo e, conseqüentemente, a acumulação de sedimentos.

FIGURA 10. Classificação Taxonômica proposta por Ross (1992)

O quarto táxon configura as formas de relevo divididas em formas de agadação (terraços, planícies fluviais) e de erosão-denudação (colinas, morros, cristas), que agrupadas originam padrões de formas semelhantes. O quinto táxon corresponde às vertentes ou setores destas (vertentes côncavas, convexas e

abruptas). O sexto táxon refere-se às formas menores, originadas dos processos atuais, depósitos sedimentares e pela ação antrópica (voçorocas, ravinas, sulcos, cortes, aterros).

Em relação à representação cartográfica, utiliza cores, famílias de cores e tons de cores para as morfoestruturas e morfoesculturas. Para os padrões de formas semelhantes, utiliza letras e símbolos, juntamente com um conjunto de algarismos arábicos, que indicam tanto a morfologia como a morfometria.

A proposta elaborada por Ross (1992) avança em relação as anteriores, principalmente para os estudos geomorfológicos de caráter regional, com forte ênfase nas inter-relações entre características geológicas e geomorfológicas, com vistas a compartimentação das unidades morfológicas.

De acordo com as propostas taxonômicas apresentadas por esses autores e os mapeamentos feitos para esta pesquisa, os materiais cartográficos gerados contemplam as ordens de grandeza V e VI (FIGURA 8) proposto por Cailleux & Tricart (1956). Para a proposta apresentada por Mescerjakov (1986) relaciona-se aos táxons 5º e 6º (FIGURA 9). Já para a proposta de classificação de Ross (1992) correspondem aos 3º e 4º táxon (FIGURA 10).

3.1.2. Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas

O estudo das redes de drenagens é de fundamental importância para a geomorfologia, na medida em que fornecem as ferramentas analíticas para a compreensão e elucidação de numerosas questões geomorfológicas, já que os cursos de água são os principais responsáveis pelos processos morfogenéticos (Christofolletti, 1980).

O primeiro trabalho sistemático sobre padrões de drenagem foi realizado por Zernitz (1932), no qual organizou os diversos padrões de drenagem, classificou-os de acordo com uma nomenclatura e estabeleceu relações entre a evolução das feições geológicas e a dinâmica fluvial. Posteriormente, Howard (1967) publicou um trabalho sobre padrões de drenagem, modificando a proposta anterior de Zernitz. Nele, relaciona aos padrões de drenagem, além dos aspectos geológicos, as anomalias das redes de drenagem, relacionado-as às atividades tectônicas.

As anomalias da rede de drenagem, conforme Howard (1967), estariam ligadas ao desvio da drenagem local condicionada por fatores tectônicos. O autor destaca a importância da análise da rede de drenagem em um estudo sobre interferências tectônicas.

Howard (1967) classifica a drenagem em oito tipos de Padrões Básicos e dezessete Padrões Básicos Modificados. Os Padrões Básicos estão classificados como: Dendrítico, Paralelo, Treliça, Retangular, Radial, Anelar, Multibasinal, Contorcido. Sendo os Padrões Básicos Modificados: Subdendrítico, Pinado, Anastomótico, Distributário, Subparalelo, Colinear, Subtreliça, Treliça Direcional, Treliça Recurvado, Treliça de falha, Treliça de Junta, Angular, Composto, Palimpsesto, Centrípeta, Glacialmente Perturbado, Cárstico, Termacárstico e Baía Alongada (FIGURA 10).

FIGURA 10. Padrões Básicos de drenagem, conforme Howard (1967). (A) Dendrítico; (B) Paralelo; (C) Treliça; (D) Retangular; (E) Radial; (F) Anelar, (G) Multibasinal; (H) Contorcido.

Padrões Básicos Modificados (A) Subdendrítico, (B) Pinado, (C) Anastomótico, (D) Distributário, (E) Subparalelo, (F) Colinear, (G) Treliça Direcional, (H) Treliça Recurvado, (I) Treliça de falha, (J) Treliça de Junta, (L) Angular, (M) Centrípeta, (M) Complexo, (O) Composto, (P, Q) Palimpsesto.

Fonte: Howard (1967)

Outros autores trabalharam com análise da rede de drenagem. Em 1945, Robert E. Horton publicou um trabalho em que realizou análises quantitativas de bacias hidrográficas. Posteriormente, Strahler (1952) propôs um método de hierarquização da rede de drenagem. A proposta de ordenamento de Strahler (1952) é bem aceita em relação a de Horton (1945), devido a sua simplicidade (FIGURA 11).

Os critérios de ordenação de Horton (1945) classificavam os canais de primeira ordem como aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem recebem somente os de primeira ordem; os de terceira podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, como também de primeira ordem; os de quarta ordem recebem os de terceira e de ordens inferiores e, assim, sucessivamente. O rio principal recebe o mesmo número de ordem desde sua nascente.

Figura 11. Hierarquia das bacias hidrográficas, (A) Horton e (B) Strahler
Fonte: Christofolletti (1974)

O sistema de classificação de Strahler (1952) considera os menores canais sem tributários como os de primeira ordem. Dois canais de primeira ordem dão origem a canais de segunda ordem, recebendo afluentes somente de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, recebendo afluentes de primeira e segunda ordem e, assim, sucessivamente.

3.1.3 Carste sobre rochas não carbonáticas

O conceito de carste, anteriormente aplicado para descrever uma determinada região, formada por campo de pedras calcárias, conforme Bigarella (2007), evoluiu e tornou-se mais abrangente. O termo, hoje, é utilizado para indicar áreas de rochas carbonáticas, onde os processos de denudação química são mais eficientes do que os processos de denudação física para esculturação do relevo.

Atualmente, inúmeros trabalhos descrevem ocorrência de relevos cársticos em rochas não carbonáticas, porém alguns autores preferem diferenciar carste gerados sobre rochas carbonáticas, o verdadeiro carste, daquelas formas geradas em ambientes não carbonáticos, o também chamado pseudo-carste.

Outros autores preferem pensar em sistemas cársticos, em vez de relevo cárstico. Preferem focar menos na forma e mais nos processos de solubilidade da rocha. Assim, rochas que apresentam certo grau de solubilidade e formam condutos que permitem uma drenagem parcialmente subterrânea poderiam gerar sistemas cársticos, Hardt e Pinto (2009).

Para Uagoda (2006), o problema versa para o pouco conhecimento acumulado sobre os processos de denudação química e de denudação mecânica, na geração de formas cársticas típicas e na evolução do modelado.

Estudos em áreas de formações quartzíticas na Austrália, Venezuela, África do Sul, Inglaterra e Brasil corroboram a idéia de que o papel da água é de fundamental importância para a formação do pseudo-carste. Estas áreas estão sob (ou já sofreram) a ação de clima quente e úmido. No nordeste da Inglaterra são encontradas as mais altas taxas de desenvolvimento de feições cársticas em quartzitos no mundo, que decorrem do fato de essas áreas já terem sido submetidas a condições metamórficas de temperatura muito alta, interferindo na porosidade e pureza dos grãos e de exposição a longos períodos de condições climáticas tropicais úmidas. Condição semelhante pode ser aplicada para as formações quartzíticas de Sidney, na Austrália, onde nos últimos dez milhões de anos prevaleceram as condições tropicais. Atualmente, a mesma área está sob clima temperado e úmido, destaca Uagoda (2006).

Conforme este autor, o grande fluxo de água subterrânea cumpre papel fundamental para os processos de denudação do relevo em rochas ricas em

minerais silicáticos, pois a água percorre caminhos preferenciais ao longo de juntas, fraturas, áreas de foliação, de cisalhamento e dos contatos litológicos. Posteriormente ao processo de intemperismo químico, dissolução da sílica, a erosão mecânica e os colapsos passam a atuar no sistema, principalmente quando o modelado cárstico é exumado e atinge a superfície.

No Brasil, os relevos com feições cársticas sobre arenitos e quartzitos ocorrem de norte a sul do país. Estas áreas foram relacionadas em trabalho publicado por Hardt e Pinto (2009), que descreveram relevos cársticos não carbonáticos para Chapada Diamantina na Bahia, Noroeste da Amazônia, Região Centro Norte de Minas, Serra da Capivara e Sete Cidades no Piauí, Tocantins, Serra Geral e Chapada dos Guimarães e Parecis.

Trabalhos sobre sistemas cársticos em rochas siliciclásticas no Brasil foram desenvolvidos por Correa Neto (1993), Pinto e Hardt (2009), Renó et al (2009) e Marques Neto (2009). Todos os trabalhos apontam para o desenvolvimento do sistema a partir da infiltração da água na estrutura da rocha por meio de falhas, fraturas nos planos de diaclasamento, seguidas de dissolução e remoção do material.

Correa Neto (1993), ao estudar a Serra de Ibitipoca, no sudeste de Minas Gerais, destaca que a água, ao percolar lentamente fraturas e planos de foliação ou acamamento, torna a rocha incoesa aumentando a porosidade e, portanto, a permeabilidade, favorecendo assim a dissolução da sílica.

Pinto e Hardt (2009) estudaram diferentes áreas cársticas no Brasil, levando em consideração as morfologias do sistema. Desta forma, o aparecimento de formas ligadas a um desenvolvimento cárstico já é indício de um relevo de dissolução e, conseqüentemente, de um sistema cárstico.

Renó et al (2009) realizou estudos no Parque Estadual de Itacolomi, Serra do Espinhaço, a sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, região tectonicamente deformada por falhas de empurrão. O sistema cárstico nesta região estaria associado às estruturas da rocha. A ocorrência de rochas quartzíticas fraturadas favoreceu o desenvolvimento de cavernamentos e dolinamentos. O referido autor encontrou em cavernas do parque variados tipos de espeleotemas como: coralóides, estalactites, estalagmites, escorrimentos e minitravertinos.

Marques Neto (2009) observou a presença de pequenas depressões fechadas, frutos da dissolução do quartzito, em São Thomé das Letras, Minas Gerais. Pesquisou a gruta do Sobradinho e concluiu que o desenvolvimento da gruta estaria ligada ao forte escoamento e infiltração da água ao longo dos planos de diaclasamento, com dissolução e remoção dos materiais.

A dificuldade de relacionar os processos referentes à formação dos relevos cársticos sobre rochas carbonáticas das não carbonáticas, parece ser mais teórica do que empírica, pois as morfologias do relevo são comparáveis nas duas situações. A diferença entre as duas versa sobre a questão dos processos envolvidos na esculturação do relevo cárstico, onde a forte influência da $p\text{CO}_2$ (pressão parcial do dióxido de carbono) e temperatura estão envolvidos na formação dos relevos cársticos em rochas carbonáticas. Já os relevos não carbonáticos, principalmente os de rochas siliciclásticas, sofrem forte controle litológico e estrutural. Assim, os processos físicos-químicos diferenciam-se mas a morfologia resultante são comparáveis (Nascimento et al 2007).

3.1.4. Trabalhos Relacionados à Morfologia Cárstica sobre quartzitos na Bacia do Rio Preto

Rodet et al (2009), estudando o relevo cárstico da região onde está inserida a área de estudos, aponta que foram encontradas muitas feições cársticas no vale do Rio Preto desenvolvidas no arenito quartzito (Supergrupo Espinhaço), cuja formação foi levemente dobrada, metamorfizada e empurrada em acavalamento em direção a oeste, sobre o Craton do São Francisco. O estudo afirma que no contato entre o arenito quartzito da Formação Sopa Brumadinho com o arenito quartzítico estratificado e micáceo são encontradas muitas grutas, que podem ser observadas na vertente abrupta do alto vale do Rio Preto. Apresenta, ainda, um esquema com quatro fases de desenvolvimento do relevo cárstico em quartzito para o “Labirinto de Zeus” (FOTO 6), no alto Rio Preto.

A referida pesquisa sugere que dois sistemas atuaram para a produção das formas cársticas do “Labirinto de Zeus”: intemperismo e lençol freático, inicialmente

independentes e, posteriormente, atuando quase que concomitantemente (FIGURA 13).

FOTO 6. A) e B) Aspecto do “Labirinto de Zeus”

Fase1: Os metaquartzitos são percorridos por uma rede de fraturas, falhas e diaclases. Posteriormente, um plano maior de cisalhamento, acavalamento, acolheu um aquífero.

Fase 2: Os processos de dissolução criam uma rede de galerias alagadas e concomitantemente, uma formação ferrífera desenvolve-se ao longo de diaclases subverticais, formando lapiás e alvéolos de parede (ninhos de abelha).

Fase 3: Um acidente maior acomoda o leito do Rio Preto, favorecendo a erosão vertical, o que suspende o aquífero provocando o seu ressecamento. Nos setores mais fraturados, as raízes de alteração perfuram as cavidades desenvolvidas no seio do aquífero. As drenagens cársticas desenvolvem-se mais rapidamente pela erosão regressiva, formando cânions subterrâneos, a jusante.

Fase 4. A erosão começa a trabalhar no relevo agora exposto, que será reduzido a pequenos blocos, com abrigos de tamanho médio.

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

FIGURA 13. Figura esquemática da evolução do relevo cárstico na área conhecida como “Labirinto de Zeus”, no Parque Estadual do Rio Preto, conforme Rodet et al (2009).

3.2. Materiais e Técnicas

3.2.1. Etapas do Trabalho

O organograma abaixo apresenta as Principais Etapas do Trabalho: Levantamento de dados, Sistematização, Análise e Correlações, Síntese dos Resultados.

3.2.2. Materiais utilizados

Os materiais utilizados para elaboração dos produtos cartográficos são descritos abaixo:

→ **Softwares**

Software ARCGIS 9.3; Global Mapper 11; AutoCAD 2002

→ **Cartas topográficas**

Cartas topográficas do IBGE na escala de 1:100.000, Carbonita (Folha SE-23-X -D-IV; MI 2386) e Rio Vermelho (Folha SE-23-Z-B-I; MI 2424);

→ **Mapas temáticos**

Mapa Geológico da Folha Rio Vermelho, Projeto Espinhaço, 1:100.000 – COMIG - 1996

Mapa Geológico da Folha Carbonita, Projeto Espinhaço, 1:100.000 – COMIG - 1996

→ **Imagens de Satélite**

Mosaico de Imagens Missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) adquirida no site <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/mg/mg.htm>. Formato: GEOTIFF (16 bits), resolução espacial de 90 metros, Sistemas de Coordenadas Geográficas Datum: WGS-84;

Imagens de satélite ALOS sensor AVNIR-2 resolução espacial de 10 metros;

Imagens Google Earth, 2007

→ **Aerolevantamentos**

Fotografias aéreas: voo 0-195 escala 1:40.000 de 1963 (CEMIG);

Fotografias aéreas : Faixas 54F; 55B; 57C, escala 1:60.000 de 1966 (DER- MG).

3.2.3. As cartas de base

As cartas de base foram elaboradas a partir de uma base digital (IBGE, 1:100.00), das folhas Carbonita (Folha SE-23-X -D-IV) e Rio Vermelho (Folha SE-23-Z-B-) e, posteriormente, vetorizadas no programa AutoCAD 2002 e finalizadas no ARCGIS 9.3.

Todas as cartas foram produzidas utilizando a base do IBGE de 1:100.000 e apresentadas na escala 1:120.000.

→ Carta Hipsométrica

As classes hipsométricas foram definidas depois da realização de perfis topográficos, transversais e longitudinais, para definir os níveis topográficos mais frequentes. Optou-se por selecionar intervalos de 100 em 100 m de equidistância das curvas de nível, com o intuito de valorizar a parte sul da bacia, onde o relevo possui maior altimetria, formado por patamares estruturais. As cores para a legenda foram definidas conforme Libault (1975), cores claras (verde e amarelo) para áreas baixas e cores escuras (vermelho marrom) para as elevadas. No entanto, os tons de verdes para as áreas situadas entre 700-800 e entre 800–900 m ficaram com cores muito próximas, o que poderia gerar erro na leitura e interpretação. Optou-se, assim, por inverter as classes de cores elaboradas para 800–900 m e 900–1000 m, com o objetivo de diferenciar os intervalos hipsométricos.

→ Carta de Clinográfica

Para diferenciação de classes de declividade optou-se pela utilização de cores claras para os menores valores de porcentagem e cores mais escuras para os maiores valores de porcentagem, de acordo com o método corocromático. Foram escolhidos os seguintes intervalos de classe 0-3%, 3-5%, 5-10%, 10-15%, 15-20%, 20-25%, 25-30%, 30-40% e maior que 40%, visando destacar os relevos planos das chapadas, planície do Rio Preto, assim como os relevos com maior declividade da montante da Bacia do Rio Preto.

→ **Carta de Lineamentos**

As cartas de lineamentos de drenagem e relevo foram elaboradas a partir de uma base digital (IBGE, 1:100.000) e da imagem sombreada (SRTM). Foram gerados dois produtos cartográficos: Carta de Lineamentos da Bacia do Rio Preto (1:120.000) e Carta de Lineamentos Regionais (1:250.000).

Esta carta foi produzida através da análise da rede de drenagem com a definição de todos os traçados retilíneos da drenagem e do relevo, levando em consideração seus respectivos tamanhos e orientações.

Na elaboração do gráfico, cada lineamento foi mapeado conforme sua direção. Posteriormente, para a geração dos Diagramas Polares de Fotolineamentos, utilizou-se o AutoCAD 2002 através de um aplicativo denominado Autolisp (roseta), que lê as direções dos lineamentos, gerando o Diagrama Polar, tanto para as feições positivas quanto para as feições negativas. Os diagramas são gerados separadamente e depois finalizados no software ARCGIS 9.3.

3.2.4. Restituição das Fotografias Aéreas

→ **Carta Morfológica da Bacia do Rio Preto**

A carta morfológica da Bacia do Rio Preto, elaborada por fotointerpretação, teve como suporte fotografias aéreas, na escala 1:40.000 de 1963 (3895–3898, 3900–3900, 3653-3659, COMIG), e Faixas 54F (82479-82490); 55B (82002-82010); 57C (81009-81013), escala 1:60.000 de 1966 (DER-MG).

A estereoscopia, ferramenta que permite a visão em terceira dimensão usando a visão binocular, cria a percepção de profundidade pela diferença de ângulos com que as imagens são tomadas e, posteriormente, recebidas e percebidas pela retina (Marchetti, 1986).

Para tanto, foram utilizados pares de fotografias montados em conjunto de estereo-triplet e orientados para a observação estereoscópica.

Na restituição da rede de drenagem e das formas de relevo utilizou-se o estereoscópio de bolso para detalhamento de algumas feições, mas foi o estereoscópio de espelho que possibilitou o mapeamento sistemático das

informações morfológicas e a generalização dos solos. Isso ocorreu devido à escala final do trabalho ser uma escala pequena (1:100.000), bem como das próprias aerofotos.

3.2.5. Análise Morfométrica da Bacia do Rio Preto

As cartas geradas para subsidiar e permitir a análise dos parâmetros morfométricos foram elaboradas a partir de uma base digital, folhas Carbonita e Rio Vermelho (IBGE, 1:100.000), e finalizada no Programa Corel DRAW 15.

→ Hierarquia da rede de drenagem

A hierarquia da rede fluvial foi definida segundo proposta de Strahler (1952). Para facilitar a leitura, cada ordem recebeu uma cor diferente, sendo elas: 1ª ordem, roxo; 2ª ordem, laranja; 3ª ordem, verde; 4ª ordem, vermelho; 5ª ordem, marrom.

A elaboração dessa carta permitiu o cálculo de todos os parâmetros morfométricos.

→ Densidade de Textura da Rede de Drenagem

A densidade da rede de drenagem foi determinada agrupando os canais de drenagem em três categorias: alta, média e baixa, respectivamente, nas cores laranja, mostarda e amarela. A reunião de texturas de densidade seguiu os padrões estabelecidos por Soares e Fiori (1976) com modificações. As densidades de textura foram agrupadas diretamente na base retirada da carta topográfica.

→ Sub-Bacias e Micro Bacias

A Bacia do Rio Preto foi dividida em 25 Sub-Bacias e Micro Bacias, sendo 6 Sub-Bacias e 19 Micro Bacias. Foram divididas a partir do canal principal, tanto da margem esquerda quanto da margem direita. Como Sub-Bacias foram definidas aquelas que atingem o valor de 4º ordem, conforme Strahler (1958). Aquelas que não atingem este valor foram consideradas como Microbacias (3º ordem) ou de

drenagem direta (1^o e 2^o ordem). Para cada Sub-Bacia e Micro Bacia foram quantificados os comprimentos dos canais e a área ocupada pelas sub e micro bacias, com o propósito de averigüar a densidade de drenagem para cada sub e micro bacia.

→ **Parâmetros Morfométricos**

Utilizou-se o Software Global Mapper 11 para as medições de perímetro, área da bacia, comprimento do canal principal, comprimento total dos canais, distância vetorial do canal principal, amplitude máxima e amplitude mínima. O uso deste software possibilitou maior rapidez e facilidade na extração dos dados.

Os dados de assimetria da drenagem foram realizados conforme Lima e Filho (2007), que considera as áreas da margem direita e esquerda do canal principal, assim como o número de nascentes, com o intuito de conhecer qual dos lados da bacia tem maior contribuição hidrográfica.

O Fator de Assimetria da Bacia (FABD) foi realizado de acordo com Hare e Gardner (1985) cuja formula é $FA = 100 (Ar/At)$. Este cálculo permite quantificar o deslocamento de um rio devido às causas tectônicas (FIGURA 14).

- FA = fator de assimetria
- Ar = área da bacia a direita do rio (olhando a jusante)
- At = área total da bacia de drenagem

O Fator do Sistema Topográfico Transversal, conforme Cox (1994) é baseado na migração preferencial do canal, o que caracteriza a assimetria do perfil topográfico transversal ao seu eixo. A fórmula para o cálculo deste fator é $T = Da/Dd$. T = Fator do Sistema Topográfico Transversal (FIGURA 15).

- Da = distância da linha média do eixo da bacia de drenagem até a linha média do cinturão do meandro ativo.
- Dd = distância da linha média da bacia ao divisor da bacia

FIGURA 14. Fator de Assimetria da Bacia (FABD), de acordo com Hare e Gardner (1985)
 Fonte: Salamuni, 2012

FIGURA15. Fator do Sistema Topográfico Transversal, conforme Cox (1994)
 Fonte: Salamuni, 2012

Os parâmetros morfométricos foram calculados conforme Christofolletti (1974), separando-os em três itens: análise areal, análise linear e análise hipsométrica (TABELA 2, TABELA 3, TABELA 4).

A análise morfométrica permitiu calcular e quantificar os dados fornecidos a partir da hierarquização da rede hidrográfica, extraídos da Carta de Hierarquia da Drenagem.

Tabela 2 - Parâmetros morfométricos para análise areal da bacia (Christofolletti 1974)

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Índice de circularidade (Ic) Miller, 1953 citado por Christofolletti, 1974	$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2}$	IC = índice de circularidade < 1 A = área da bacia P = perímetro da bacia	Quanto mais próximo de 1, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Kf = Fator forma A = Área da bacia (km ²) L ² = Comprimento máximo da bacia ao quadrado	Relação da forma da bacia com a de um retângulo. Estabelece indicações sobre a tendência a inundações de uma bacia hidrográfica.
Densidade dos rios (Dr)	$Dr = \frac{N}{A}$	Dr = Densidade de rios N= Número de rios A = Área da bacia (km ²)	Compara a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (km ²). Representa o comportamento hidrográfico da área e a capacidade de gerar novos cursos de água. Indica o potencial hídrico da região.
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{C}{A}$	Dd= Densidade de drenagem C= comprimento total dos canais A = Área da bacia (km ²)	Correlaciona o comprimento dos canais com a área da bacia. Apresenta uma relação inversa, pois quando a densidade aumenta ocorre uma diminuição proporcional do tamanho dos canais.
Coeficiente de manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd} 1000$	Cm = Coeficiente de manutenção Dd= Densidade de drenagem	Fornece a área mínima para a manutenção de um metro de canal de escoamento.
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia (L)	$L = 1,5 * A^{0,6}$	L = Comprimento do rio principal A = Área da bacia em Km ²	Permite que o comprimento geométrico do curso d'água possa ser calculado

Tabela 3 - Parâmetros morfométricos para análise linear da bacia. (Christofolletti, 1974)

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{dv}$	Is = Índice de Sinuosidade L = Comprimento do Canal dv = Distância vetorial entre os pontos extremo do canal principal	Indica se o canal é mais sinuoso ou retilíneo. É influenciado pela litologia e estrutura litológica, declividade dos canais e carga de sedimentos. Is = 1,0 o canal tende a ser retilíneo Is > 2,0 o canal apresenta meandros Valores intermediários indicam a combinação dos dois tipos.
Comprimento médio dos canais de cada ordem (Lm)	$Lm = \frac{Lu}{Nu}$	Lm = comprimento médio dos canais de uma determinada ordem Lu = comprimento de canais da ordem Nu = nº de segmentos da ordem	Estabelece o comprimento dos canais de cada ordem.
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (RLm)	$RLm = \frac{Lm_u}{Lm_{u-1}}$	RLm = relação entre o comprimento médio dos canais Lm _u = comprimento médio dos canais de uma determinada ordem Lm _{u-1} = comprimento médio dos canais da ordem imediatamente inferior	Estabelece a relação entre os comprimentos de canais de cada ordem.
Relação de Bifurcação (Rb)	$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$	Rb = Relação de bifurcação Nu = nº de segmentos de canais de uma ordem Nu+1 = nº de segmentos da ordem superior	Estabelece o grau de dissecação de uma bacia hidrográfica, sendo que quanto maior o valor desta variável, maior o grau de dissecação e vice-versa.
Relação entre o comprimento médio dos canais e o Índice de Bifurcação (RLb)	$RLb = \frac{RLm}{Rb}$	RLb = relação entre o comprimento médio dos canais e o grau de bifurcação RLm = relação entre o comprimento médio dos canais Rb = Relação de Bifurcação	Permite a análise da capacidade de armazenamento hídrico na rede de drenagem. Quanto maior o índice, maior a capacidade de armazenamento de água nos canais durante o período de cheias.

Tabela 4 - Parâmetros morfométricos para análise hipsométrica da bacia (Christofoletti, 1974)

Parâmetro	Equação	Variáveis	Significado
Relação de relevo (Rr)	$Rr = \frac{\Delta a}{L}$	Rr = Relação de relevo Δa = Amplitude altimétrica da bacia (m) L = Comprimento do canal principal (m)	Estabelece a relação entre a diferença entre a altitude máxima e a mínima na bacia com o comprimento total do canal principal.
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = \Delta a * Dd$	Ir = Índice de rugosidade Δa = Amplitude altimétrica da bacia (m) Dd = Densidade de drenagem	Estabelece a rugosidade da bacia através da relação das vertentes com a densidade de drenagem. Áreas com índice de rugosidade elevado são potencialmente mais susceptíveis a grandes cheias.

A quantificação dos parâmetros morfométricos foi realizada através dos cálculos propostos por Christofoletti (1974), que permitiram entender o comportamento hidrológico da Bacia do Rio Preto. A verificação dos padrões e das anomalias de drenagem (Howard 1967) foi realizada diretamente na base topográfica, com o objetivo de estabelecer estes padrões e verificar quais anomalias são mais representativas.

A densidade textural da drenagem (Soares e Fiori, 1976) foi elaborada para toda a bacia, diretamente na base cartográfica. Foi comparada com a densidade de drenagem (Christofoletti 1974) para cada micro e sub-bacia com o intuito de averiguar qual metodologia apresentaria melhores resultados, para explicitar os padrões de dissecação elaborados pela drenagem, tanto os controlados pelo substrato rochoso, como aqueles comandados pela pedogênese.

A análise de lineamentos de drenagem, juntamente com a análise espacial de anomalias geradas por tectonismo, foi realizada verificando as principais direções dos lineamentos e os fatores de assimetria do relevo, através do cálculo do fator de assimetria. Os dois parâmetros possibilitaram verificar/confirmar se a Bacia do Rio Preto é comandada por controle tectônico.

3.2.6. Esboço Morfológico

O Esboço Morfológico foi elaborado através da restituição da rede de drenagem e das formas de relevo extraídas de fotografias aéreas na escala de 1:40.000 e 1:60.000. Vale ressaltar a dificuldade em encontrar fotos aéreas para a região da Bacia do Rio Preto, pois as encontradas são antigas, de péssima qualidade (escuras) e os vãos são descontínuos. A construção do esboço morfológico utilizou legendas diversas, dada a diversidade de formas. Assim, foram utilizados elementos visuais das legendas propostas por Abreu (1982), Gontijo (1993) e Aranha (2011). A escolha da cor não reflete parâmetros genéticos ou cronologia de formas mas, na representação das feições cartografadas, tem como propósito facilitar a leitura da carta. Assim, a rede de drenagem é representada pela cor azul; as formas ligadas à ação fluvial são representadas pela cor verde; formas ligadas à estrutura estão na cor sépia; formas ligadas à tectônica em preto e formas ligadas à erosão e modelado das chapadas, em vermelho.

3.2.7. Carta Exploratória de Solos

A carta exploratória de solos foi elaborada a partir de leituras comparativas e correlativas de documentos produzidos com as informações e análises da rede de drenagem x formas do relevo x distribuição e características das formações geológicas. Nos levantamentos de campo, as descrições morfológicas de perfis de solos levaram em consideração: cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, feições pedológicas, espessura e tipo de transição (Lemos e Santos, 1976). Os trabalhos de descrição de solos concentraram-se no baixo curso do Rio Preto, já para o setor de montante pode contar com trabalhos já concluídos, como os de Michelin (2011). Com isso, além da vivência de campo nesse setor, foi realizado o trabalho de distribuição dos sistemas de solos. Para o setor médio do curso do Rio Preto, os dados foram generalizados levando em consideração os dados de montante e jusante, e campos de observação realizados em 2009 e 2010.

3.2.8. Compartimentação Morfoestrutural

O Esboço das Unidades Morfoestruturais foi elaborado levando em consideração, principalmente, a litologia da Bacia do Rio Preto e cruzamentos das cartas de base (hipsométrica e declividade) com a morfológica. A análise da rede de drenagem foi, também, importante para estabelecer padrões e características semelhantes para cada unidade. A correlação das informações permitiu definir quatro estruturas fortemente marcadas pelo controle litológico e tectônico.

A legenda desta carta organiza as principais características de cada unidade, apresentando o significado das cores e símbolos, dados morfométricos (intervalos de hipsometria e declividade), litologia, formas de relevo e solos.

3.2.9 Controle de Campo

No decorrer da pesquisa foram realizados trabalhos de campo com os seguintes objetivos:

- Reconhecimento da área de estudos, de montante à foz. Foram realizados diversos percursos, buscando analisar a paisagem, verificar as formas de relevo e reconhecer a distribuição dos solos, observando perfis ao longo das estradas.
- Descrição e coleta de amostras de solo em uma topossequência na montante da bacia.
- Descrição de perfis de solos no baixo curso do Rio Preto e controle da fotointerpretação.

O Mosaico (FIGURA 16) com os principais pontos de observação apresenta ilustrações desta sistemática de campo.

FIGURA 16. Mosaico: Pontos de observação da Bacia do Rio Preto - Espinhaço Meridional - MG

1 cm = 2,44 km
Fonte: Google Earth
Elaboração: Beato 2012

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da Rede Drenagem

A Bacia do Rio Preto, inserida no sistema hidrográfico do Jequitinhonha, ocupa uma área de 393,5 Km² abrangendo na sua maior parte o município de São Gonçalo do Rio Preto, onde também está localizado o Parque Estadual do Rio Preto, administrado pelo Instituto Estadual de Floresta (IEF). Já próximo à foz, na desembocadura no Rio Araçuaí, pequena parte da bacia está no município de Senador Modestino Gonçalves.

Com disposição a grosso modo norte-sul, a Bacia do Rio Preto tem forma alongada, com cabeceiras ao sul, nas Serras do Gavião e dos Poções que formam um grande arco, que circunda o setor montante da bacia. Aí estão as maiores altitudes dos divisores da bacia representadas pelo Morro Redondo e Dois Irmãos. Do trecho médio para a jusante, os limites interfluviais decaem altimetricamente e passa-se de um sistema morfológico dominados por serras ao domínio dos divisores planos a levemente amorreado das chapadas – à leste Chapada da Viúva; à oeste Capão dos Porcos e Chapada Santo Antônio.

Tem como bacias limítrofes à leste, as cabeceiras do Córrego da Viúva e da Estiva e Cachoeira dos Borges; ao norte a principal bacia é do Córrego dos Marcos. Todo esse conjunto de bacias à leste e ao norte, drena para o Rio Araçuaí. O divisor sul, onde se localizam as Serras do Gavião e Poções, aloja as nascentes dos rios Soberbo e Pindaíba pertencentes à bacia do Jequitinhonha Preto. A sudoeste, entre a Serra Mata dos Criolos e a Serra dos Poções, encontra-se a Bacia do Rio Manso, também afluente do Jequitinhonha Preto. A noroeste da Bacia do Rio Preto, quando o sistema de serras passa ao das chapadas, as cabeceiras do Córrego Tomé e Córrego Piteira compõem bacias que deságuam diretamente no Rio Jequitinhonha.

A Carta de Hierarquia da Rede de Drenagem (FIGURA 17) com a ordenação dos canais, conforme proposta de Strahler (1952), permitiu elaborar uma série de parâmetros ligados à quantificação da rede de drenagem.

A bacia possui 859 canais, sendo que o comprimento total deles é de 796 Km. São 663 canais de 1ª ordem, 153 canais de 2ª ordem, 35 canais de 3ª ordem, 7 canais de 4ª ordem, e Rio Preto que passa à 5ª ordem na confluência do Córrego Vau das Éguas com o Córrego da Lapa.

A bacia apresenta um grande número de canais de 1ª ordem, no médio e alto curso do Rio Preto, sendo que muitos destes canais alimentam bacias de 3ª e 4ª ordem. O grande número de canais de 1ª ordem confere à bacia um alto grau de dissecação, imposto pela incisão da drenagem nestes setores.

Já no baixo curso, os canais de 1ª ordem são pouco numerosos, porém muito extensos, e alimentam bacias, principalmente de 3ª ordem.

A Bacia do Rio Preto possui um perímetro de 138,72 Km. O canal principal possui comprimento de 69 Km, sendo que sua distância vetorial é de 44 Km e a amplitude altimétrica do canal principal é de 913 m (TABELA 5). A altitude máxima na bacia é de 1801 m, sendo sua altitude mínima é de 671 m, portanto, a amplitude altimétrica é de 1130 m.

Tabela 5. Dados Obtidos para a Bacia do Rio Preto

Dados Obtidos	Bacia
Perímetro	138,72 Km
Área	393,5 Km²
Comprimento do canal principal	69 Km
Comprimento total dos canais	796 Km
Número de canais	859
Distância vetorial do canal principal	44 Km
Altitude Máxima	1801 m
Altitude Mínima	671m
Amplitude Altimétrica	1130 m
Amplitude Altimétrica do canal principal	913m
Ordem da Bacia	5

FIGURA 17. Carta da Hierarquia da Rede Drenagem
Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional - MG

Longitude
W 43° 22'36"
Latitude
S 17° 52'10"

Chapada Santo Antônio

Capão dos Porcos

São Gonçalo
do Rio Preto

Chapada da Viúva

Alecrim

Serra Mata dos Crioulos

Dois Irmãos

Morro Redondo

Longitude
W 43° 18'34+ "
Latitude
S 18° 13'38"

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Hidrografia

ORDEM DOS RIOS DA
BACIA DO RIO PRETO

- 1° Ordem
- 2° Ordem
- 3° Ordem
- 4° Ordem
- 5° Ordem

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

CURIMATAÍ	CARBONITA	CAPELINHA
DIAMANTINA	RIO VERMELHO	SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO
PRESIDENTE KUBITSCHKE	SERRO	GUANHÃES

1: 120.000

BASE CARTOGRÁFICA: ELABORADA A PARTIR DE
COMPILAÇÃO PARCIAL DAS FOLHAS SE-23-X-D-IV-
CARBONITA E SE-23-Z-B-1-RIO VERMELHO, 1:100.000
Elaboração: Beato, 2011

→ Assimetria da Bacia

O parâmetro de assimetria da bacia (TABELA 6), proposto por Lima e Filho (2007), considera as áreas da margem direita e esquerda do canal principal, com o intuito de conhecer qual dos lados da bacia tem maior contribuição hidrográfica. Para o cálculo das áreas de cada margem usou-se o software Global Mapper 11, o cálculo do número de canais (nascentes) foi feito manualmente.

O formato da bacia permite afirmar que a do Rio Preto apresenta uma assimetria. Contudo, visando ratificar o que visualmente é perceptível, o cálculo foi realizado, e pode-se afirmar que a Bacia do Rio Preto é assimétrica à esquerda, apresentando uma diferença de 38,2%, equivalente a 150,7 Km² (TABELA 6).

TABELA 6. Simetria da bacia do Rio Preto, distribuição dos canais e área.

Margem	Número de Canais	%	Área (Km ²)	%
Direita	228	35,6	121,4	30,9
Esquerda	413	64,4	272,1	69,1

Os dados mostram que há uma irregularidade na participação e fornecimento de água dos canais, da margem esquerda e da margem direita. Há uma contribuição maior dos canais localizados na margem esquerda da bacia, que possui 413 canais, ocupando 69,1% da área da bacia. Enquanto que, na margem direita do curso principal, os 228 canais ocupam somente 30,9% da área total da bacia.

A distribuição irregular do número de canais deve-se ao fato de o rio principal correr, a partir do curso médio da bacia, paralelo ao divisor da margem direita, o que diminuiria o número de canais e, conseqüentemente, a área por onde correm estes canais.

Como o Espinhaço foi afetado por diversos movimentos ligados a tectonismo, o leito do Rio Preto corre por entre falhas e fraturas, ou seja, possui um forte condicionante estrutural. Assim, a assimetria da bacia deve-se à ocorrência de falhas e fraturas que condicionam o caminho dos rios, à diferença litológica e, também, ao desgaste erosivo promovido pelos afluentes, principalmente os localizados na margem esquerda.

Para corroborar este dado foram realizados cálculos do *Fator de Assimetria de Bacia*, de acordo com Hare e Gardner (1985), e *Fator do Sistema Topográfico Transversal*, conforme Cox (1994).

O *Fator de Assimetria da Bacia (FABD)* calculado para a Bacia do Rio Preto é de 31. Os valores maiores que 50 indicam um provável basculamento para a direita, enquanto que valores menores que 50 indicam um provável basculamento para a esquerda. Portanto, a bacia do Rio Preto sofreu um provável basculamento da margem esquerda.

O *Fator do Sistema Topográfico Transversal* foi medido em três setores da bacia: alto, médio e baixo curso do Rio Preto.

- Alto curso: 0,13 cm
- Médio curso: 0,38 cm
- Baixo curso: 0,56 cm

O *Fator do Sistema Topográfico Transversal* indica que quanto mais próximo de 1 (um), maior é a influência da tectônica na bacia. Assim, é possível concluir que o deslocamento do rio em direção ao divisor da margem direita está relacionada a movimentos tectônicos, principalmente no baixo curso do rio, onde o valor calculado é de 0,56 cm. Porém, dado este valor, é possível afirmar que estes movimentos tectônicos não foram tão intensos.

→ **Parâmetros relacionados à Análise Linear, Análise Areal e Análise Hipsométrica da Bacia do Rio Preto**

Os dados obtidos para a análise dos parâmetros morfométricos, como Análise Linear (TABELA 7), Análise Areal (TABELA 8) e Análise Hipsométrica (TABELA 9), obtidos pela análise das imagens SRTM, foram organizados em tabelas com o objetivo de facilitar a visualização e a discussão dos resultados.

TABELA 7. Parâmetros relacionados à Análise Linear

Perímetro	138,72 Km ²
Maior Diâmetro	44,5 Km
Maior Extensão	55 Km
Maior Largura	7,82 Km
Relação maior comprimento maior largura	7,0
Índice de Sinuosidade	1,25
Gradiente dos Canais	2,6 % ou 1,17°
Gradiente do Canal principal	1,32 % ou 0,594°

TABELA 8. Parâmetros relacionados à Análise Areal

Área da Bacia	393,5 Km ²
Densidade dos Rios	2,18 Km/Km ²
Densidade de Drenagem	2,02 Km/Km ²
Densidade de Drenagem para cada Hierarquia	
Canais de 1ª Ordem	1,24 Km/Km ²
Canais de 2ª Ordem	0,360 Km/Km ²
Canais de 3ª Ordem	0,185 Km/Km ²
Canais de 4ª Ordem	0,096 Km/Km ²
Canais de 5ª Ordem	0,13 Km/Km ²
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia	54,06 Km
Fator de Forma	0,078
Coefficiente de Manutenção	495,04 m/m ²
Índice de Circularidade	0,2570

TABELA 9. Parâmetros relacionados à Análise Hipsométrica

Relação de Relevô	0,025 ou 25m/Km
Índice de Rugosidade	2282,6

TABELA 10. Resultados dos parâmetros obtidos para Análise Linear da Bacia do Rio Preto

Ordem	Nº de Segmentos	Comprimento (Km)	Compr. Médio (Km)	RLm	Rb	RLb
1ª	663	488.724,5	737,14			
2ª	153	142.004,19	928,14	1,25	4,3	0,29
3ª	35	73.056,1	2087,31	2,25	4,4	0,51
4ª	7	37.889,9	5512,84	2,64	5	0,53
5ª	1	54.380,0	54.380,0	9,86	7	1,41

RLm: Relação entre o comprimento Médio dos canais de cada ordem.

Rb: Relação número de canais e o Índice de Bifurcação.

RLb: Relação entre o comprimento Médio dos canais de cada ordem e o Índice de Bifurcação.

O cálculo dos parâmetros, denominados *Fator de Forma* ($K_f = 0,078$) e *Índice de Circularidade* ($I_c = 0,2570$), permite afirmar que a Bacia do Rio Preto apresenta baixa propensão a inundações, já que possui forma alongada, favorecendo o escoamento da água no interior da bacia, pois há menor possibilidade de chuvas

intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão, evitando a concentração de água no seu tributário principal.

Contudo, poderiam ocorrer cheias no canal principal, pois o *Índice de Sinuosidade* ($I_s = 1,25$) indica que o canal principal tende a ser transicional, entre canais sinuosos a retilíneos. Nas áreas onde o canal principal tende a ser sinuoso pode ocorrer a diminuição da velocidade do escoamento, provocando cheias em alguns pontos do canal principal. O fato de a bacia apresentar um canal transicional, entre retilíneo e sinuoso, é reflexo da compartimentação litológica e da estruturação geológica no qual ela está inserida, pois o curso principal percorre trechos encaixados em fraturas e falhas e em patamares estruturais escalonados associados às rochas quartzíticas, como também apresenta planícies de inundação no setor de jusante. O resultado obtido para o índice referente a *Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem e o Índice de Bifurcação* indica que a capacidade de armazenamento hídrico nos canais de 1ª e 2ª ordem é pequena ($RLb = 0,29$), o que ocasionaria inundações nos trechos ocupados por estes segmentos.

A amplitude altimétrica da bacia é de 1130 metros. O ponto mais alto situa-se no Morro Dois Irmãos, divisor da bacia, e o ponto mais baixo está situado na foz do Rio Preto. A *amplitude do canal principal* é de 913 metros, o que confere à bacia um certo grau de dissecação. A *relação de relevo* ($R_r = 0,025$) é considerada baixa, ou seja, possui menor velocidade de escoamento. Tal fato deve-se ao encaixe do rio principal, onde 2/3 de seu percurso é feito sobre relevo relativamente plano, o que corrobora este dado é o *Gradiente do rio principal* ($G_{pc} = 1,32\%$ ou $0,594^\circ$). O gradiente dos canais ($G_r = 2,6\%$ ou $1,17^\circ$) também demonstra baixa declividade para os canais da bacia. Já o *índice de rugosidade* ($I_r = 2282,6$) é considerado alto, indicando que a bacia possui elevado potencial para cheias. Quando este índice é elevado, conforme Christofolletti (1980), as vertentes são íngremes e de longa extensão.

O gradiente de canais ($G_c = 2,6\%$), cuja finalidade é indicar a declividade dos cursos de água assim como o gradiente do canal principal ($G_{cp} = 1,32\%$), mostra que estes índices são fortemente influenciados pelo setor de montante da bacia.

A Bacia do Rio Preto (5ª ordem) possui grande número de segmentos de 1ª ordem (663), o que confere à bacia uma maior dissecação ocorrendo nas cabeceiras de drenagem. Porém, a análise da *relação de bifurcação* (TABELA 10) demonstra que toda a bacia apresenta um alto grau de dissecação, pois conforme Christofolletti

(1969) bacias que apresentam valores de 3 a 4 possuem áreas amorreadas, com bacias de drenagem muito dissecadas. A *relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem* (TABELA 10) demonstra que a transição hierárquica de cada ordem ocorreu ordenadamente e que os canais de 1ª e 2ª ordem possuem menor extensão.

A *densidade de rios* da bacia do Rio Preto é elevada, indicando grande riqueza de cursos de água ($D_r = 2,18 \text{ Km}^2$) e com capacidade de gerar novos cursos, corrobora este dado o *coeficiente de manutenção* ($C_m = 495,04 \text{ m/m}^2$) indicando boa área de recarga, ou seja, desenvolvimento e manutenção dos canais fluviais. A densidade de drenagem ($D_d = 2,02 \text{ Km/km}^2$), conforme Stralher (1960 apud Christofolletti, 1979), é baixa. Este dado pode ser interpretado levando em consideração a litologia da Bacia do Rio Preto.

Considerando a montante da bacia, área ocupada por grandes porções de afloramentos de rocha, e o fato da drenagem estar correndo por sobre as rochas, verifica-se que ocorre uma maior densidade de drenagem; já nos setores do médio e baixo curso da bacia, o escoamento superficial diminui. Quanto à densidade de drenagem para cada hierarquia, os dados apontam para uma maior densidade somente para os canais de 1º conferindo um menor escoamento superficial.

→ **Padrão de drenagem**

Conforme Christofolletti (1974), o padrão de drenagem está ligado ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que refletem a atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, resistência litológica, diferenças de declividade e evolução geomorfológica da região.

O padrão de drenagem da Bacia do Rio Preto pode ser classificado de acordo com o Padrão Básico, como paralelo e dendrítico, e Padrões Básicos Modificados, como subparalelos e subdendríticos (FIGURA 18), conforme Howard (1967).

O padrão Paralelo é designado quando os cursos de água escoam paralelamente uns aos outros, geralmente em áreas de declividade moderada à acentuada, mas também em áreas de falhas paralelas ou regiões de lineamentos topográficos paralelos (Zernitz, 1932; Christofolletti 1974).

O padrão dendrítico apresenta um desenvolvimento que assemelha-se a uma árvore, onde o tronco seria o rio principal e os galhos os tributários. A união entre

estes últimos ocorre formando ângulos agudos de graduações variadas; a ocorrência de confluências formando ângulos retos indica presença de anomalias ligadas a eventos tectônicos (Christofoletti 1974).

FIGURA 18. Padrões de Drenagem da Bacia do Rio Preto, conforme Howard (1967).

Zernitz (1932) assinala que no padrão dendrítico o declive é o fator controlador da drenagem, ocorre em rochas que oferecem resistência uniforme em superfícies horizontais, como planos, platôs e rochas cristalinas maciças. Ocorrem, também, em rochas que sofreram metamorfismo intenso, e que a drenagem dendrítica implica em carência de controle estrutural. A drenagem subdendrítica possui um controle secundário menor, tanto estrutural como topográfico (Howard 1967).

No caso da Bacia do Rio Preto observa-se que a drenagem do padrão paralelo e subparalelo está fortemente ligada aos feixes de falhas e alinhamentos do setor de montante da bacia. Já os padrões dendrítico e subdendrítico, que encontram-se bem distribuídos em toda a bacia, parecem estar relacionados às superfícies de aplainamento, das chapadas e às rochas metamórficas de resistência uniforme como o quartzito.

→ Anomalias de Drenagem

As anomalias da rede de drenagem (FIGURA 19), que segundo Howard (1967) seriam desvios da drenagem local geradas em decorrência das atividades tectônicas, são encontradas por toda a Bacia do Rio Preto, sendo característicos os cotovelos de drenagem, segmentos retilíneos, curvas anômalas e arcos, meandros comprimidos, entre outros.

Os cotovelos de drenagem são evidências de mudanças bruscas no curso de um rio em uma curva de 90° e são influenciados por fatores estruturais e tectônicos, aos quais o rio ajusta-se e podem ser, também, evidências de capturas fluviais, conforme Oliveira (2010).

FIGURA 19. Anomalias de Drenagem da Bacia do Rio Preto.

Para o Manual Técnico de Geomorfologia (2009), cotovelos de drenagem e arcos podem assinalar feições provocadas por sistemas de falhas transcorrentes. Podem também ser oriundas de movimentos verticais.

Segmentos retilíneos são feições com canais extensos e retilíneos inseridos em um padrão de drenagem não retangular ou não treliça. Indicam associação à fraturas, enquanto que curvas anômalas sugerem, na maioria das vezes, inversão de relevo ou marcante controle estrutural (Howard, 1967).

Na Bacia do Rio Preto, os cotovelos de drenagem e os segmentos retilíneos têm maior frequência ao longo do rio principal, principalmente no médio e baixo curso. No alto curso, aparecem relacionados aos afluentes do Rio Preto. Os arcos e curvas anômalas têm distribuição por toda a bacia, principalmente nos canais de 1ª ordem. Desta forma, é possível afirmar, a partir da distribuição de anomalias, que a bacia possui um forte condicionante estrutural, relacionado às falhas e fraturas.

→ **Densidade de Textura da Drenagem e Densidade de Drenagem das Sub-Bacias e Micro Bacias do Rio Preto**

A abordagem neste tópico procurou agrupar duas metodologias: densidade textural da drenagem (manchas homogêneas) e densidade de drenagem. O intuito foi averiguar quais dos dois parâmetros responderiam melhor para explicitar os padrões de dissecação elaborados pela drenagem, tanto os controlados pelo substrato rochoso, como aqueles comandados pela pedogênese.

Assim, constatou-se que as densidades texturais (FIGURA 20), elaboradas através da relação de manchas homogêneas conforme Soares e Fiori (1976) com algumas modificações, corresponderam à análise da drenagem, conforme Christofolletti (1974).

Ao sul da bacia, no setor do alto curso do Rio Preto, encontram-se os três padrões (alta, média e baixa). No divisor sul, setor das cabeceiras do Córrego da Corredeira, Córrego Vau das Éguas e Rio Preto, e cobrindo o leste da bacia em uma longa faixa que se entende até o Córrego Manhães, a densidade de textura da drenagem é alta. O oeste da bacia apresenta densidade textural média e tem a aparência de um “bolsão”, que cobre as nascentes do Córrego das Éguas. Ainda neste setor, encontra-se no intermédio entre densidade textural alta e média, uma estreita faixa de densidade textural baixa, que se alonga em direção ao divisor oeste da bacia. O limite das densidades texturais média e baixa, ocupada pela faixa de baixa densidade de drenagem, coincide com o divisor das cabeceiras do Rio Preto e do Córrego Vau das Éguas.

Neste setor, as densidades texturais baixa e média ocupam áreas cobertas por grandes extensões de afloramentos de rochas e importante controle estrutural. A densidade textural média ocupa grandes áreas de afloramento de rocha, permitindo o escoamento superficial, portanto um certo grau de esculturação de canais fluviais.

Já na área ocupada pelas altas densidades de textura da drenagem, os solos são mais desenvolvidos (neossolos, espodossolos, organossolos, latossolos), se comparados com a área a oeste do setor do alto curso, onde predominam os afloramentos de rocha. Estes solos apresentam maior permeabilidade e, sendo assim, deveriam permitir menor escoamento e densidades de drenagem também menores, conforme França e Dematte (1990). Mas são solos rasos e arenosos, desenvolvidos em meio a afloramentos de rocha, o que explicaria as densidades de

drenagem (Dd) mais elevadas para as Sub-Bacias e Micro Bacias (FIGURA 21), que ocupam este setor, variando entre 1,80 (18- Córrego Manhães) a 4,08 (25- Córrego Taioba). (TABELA 11).

No curso médio do Rio Preto estão localizadas as zonas de média e alta densidade de textura de drenagem. A zona de média densidade textural coincide com a área da bacia que apresenta um estrangulamento, fato que pode contribuir para uma diminuição do número de canais e a densidade de drenagem (Dr) é de 1,56 (10-Córrego Fundo). Este setor apresenta somente uma micro bacia, já que os canais que compõem esta área são inferiores à 3ª ordem. O substrato rochoso é formado por quartzitos micáceos e sericita filitos. Já a zona de alta densidade assenta-se sobre uma mancha de xistos verdes e apresenta densidades de drenagem (Dr) entre 2,26 (10-Córrego das Pedras) e 2,79 (12-Córrego da Cachoeira). Os xistos apresentam grandes teores de argila, gerando solos mais argilosos de baixa permeabilidade. Apesar de possuírem grande capacidade de retenção de água, esta baixa permeabilidade dificultaria a infiltração gerando um maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior esculturação da rede hidrográfica.

No baixo curso do Rio Preto, a densidade de textura da drenagem é baixa. Neste setor, dominam os quartzitos micáceos e sericita filitos e grandes manchas de cobertura latossólica em superfícies de aplainamento. A baixa densidade de drenagem relaciona-se à boa permeabilidade dos solos, que apresentaram um gradiente textural com horizontes superficiais mais arenosos, dificultando o escoamento superficial e formação de uma rede hidrográfica mais elaborada.

As densidades de drenagem (Dd) medidas para as sub e micro bacias do setor do baixo curso são as menores encontradas. Variam de (Dd) 1,27 (5-Córrego Santo Antônio) a 1,93 (4-Sem Toponímia) (TABELA 11), indicando que neste setor os materiais superficiais, bem como o substrato, apresentam maior permeabilidade, portanto menor escoamento superficial. No entanto, é este setor que corresponde à frente de dissecação da chapada, onde ocorre uma intensa dissecação das cabeceiras por micro canais temporários, que geram aspecto de cabeceiras ravinadas.

Tabela 11. Sub-Bacias e Micro Bacias, com respectivas Densidade de Drenagem e Densidade Textural

Baixo Curso			Médio Curso			Alto Curso		
Sub-Bacias e Micro Bacias	Dd	Densidade Textural	Sub-Bacias e Micro Bacias	Dd	Densidade Textural	Sub-Bacias e Micro Bacias	Dd	Densidade Textural
1 - Sem Toponímia	1,46	Baixa	10 – Córrego das Pedras	2,26	Alta	21 – Córrego Vau das Éguas	1,99	Baixa/ Média/ Alta
2 – Córrego dos Gomes	1,39	Baixa	11 - Sem Toponímia	2,48	Alta	23 - Sem Toponímia	2,19	Alta
3 – Córrego da Chapada	1,78	Baixa	12 - Córrego da Cachoeira	2,79	Alta	24 - Sem Toponímia	2,32	Alta
4 - Sem Toponímia	1,93	Baixa	13 – Córrego São Cristovão	2,55	Alta	25 – Córrego Taioba	1,80	Alta
5 – Córrego Santo Antônio	1,27	Baixa	14 - Córrego Bom Jardim	2,41	Alta			
6 - Sem Toponímia	1,54	Baixa	15 – Córrego do Alecrim	2,56	Alta			
7 – Córrego Santana	1,48	Baixa	16- Sem Toponímia	4,08	Alta			
8 – Córrego Duas Barras	1,30	Baixa	17 – Córrego Fundo	1,56	Média			
9 – Córrego Barrinhas	1,70	Alta	18 – Córrego Manhães	2,95	Alta			
			19 - Sem Toponímia	2,07	Alta			
			20 – Córrego Serraria das Boleiras	1,80	Média/ Alta			
			22 – Córrego Lapa do Tropeiro	3,32	Alta			

FIGURA 20. Carta de Densidade de Textura da Drenagem
Bacia do Rio Preto, Espinhaço Meridional - MG

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Hidrografia

DENSIDADE DE DRENAGEM BACIA DO RIO PRETO

ALTA
MÉDIA
BAIXA

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

CURIMATAÍ	CARBONITA	CAPELINHA
DIAMANTINA	RIO VERMELHO	SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO
PRESIDENTE KUBITSCHKE	SERRO	GUANHÃES

1: 120.000

BASE CARTOGRÁFICA: ELABORADA A PARTIR DE
COMPILAÇÃO PARCIAL DAS FOLHAS SE-23-X-D-IV-
CARBONITA E SE-23-Z-B-1-RIO VERMELHO, 1:100.000
Elaboração: Beato, 2011

FIGURA 21 Carta de Sub-Bacias e Micro Bacias do Rio Preto, Espinhaço Meridional - MG

Longitude
W 43° 22'36"
Latitude
S 17° 52'10"

Chapada Santo Antônio

Capão dos Porcos

Chapada da Viúva

Serra Mata dos Crioulos

Dois Irmãos

Morro Redondo

São Gonçalo do Rio Preto

Alecrim

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Hidrografia

Sub-Bacias e Micro Bacias

Áreas de Drenagem Direta e Bacias inferiores a 3º ordem

- 1- Sem Toponímia
- 2- Córrego dos Gomes
- 3- Córrego da Chapada
- 4 - Sem Toponímia
- 5 - Córrego Santo Antônio
- 6 - Sem Toponímia
- 7 - Córrego Santana
- 8 - Córrego Duas Barras
- 9 - Córrego Barrinha
- 10 - Córrego das Pedras
- 11 - Sem Toponímia
- 12 - Córrego da Cachoeira
- 13 - Córrego São Cristóvão
- 14 - Córrego Bom Jardim
- 15 - Córrego do Alecrim
- 16 - Sem Toponímia
- 17 - Córrego Fundo
- 18 - Córrego Manhães
- 19 - Sem Toponímia
- 20 - Córrego Serraria das Boleiras
- 21 - Córrego Vau das Éguas
- 22 - Córrego Lapa do Tropeiro
- 23 - Sem Toponímia
- 24 - Sem Toponímia
- 25 - Córrego Taioba

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

CURIMATAÍ	CARBONITA	CAPELINHA
DIAMANTINA	RIO VERMELHO	SÃO SEBASTIÃO DO MARANHÃO
PRESIDENTE KUBITSCHKE	SERRO	GUANHÃES

1: 120.000

BASE CARTOGRÁFICA: ELABORADA A PARTIR DE COMPILAÇÃO PARCIAL DAS FOLHAS SE-23-X-D-IV-CARBONITAE SE-23-Z-B-1-RIO VERMELHO, 1:100.000
Elaboração: Beato, 2011

→ **Análise dos Lineamentos**

Os lineamentos foram elaborados em escala regional e, posteriormente, para a Bacia do Rio Preto, gerando uma segunda carta de caráter local. Foram mapeados os lineamentos de drenagem e relevo, respectivamente, lineamentos negativos e positivos. Com o objetivo de diferenciá-los foram utilizadas duas cores. Assim, o azul para lineamentos de drenagem e vermelho para os lineamentos de relevo. O agrupamento desses dois elementos facilitou a leitura das cartas e a correlação dos dados.

Os lineamentos elaborados para a escala regional permitiram compará-los aos padrões de lineamentos apresentados para a Bacia do Rio Preto, e estes foram analisados levando em consideração as micro e sub-bacias.

Portanto, foram agrupados para análise os parâmetros de frequência e densidade (acúmulo) de lineamentos. Define-se frequência como o número de lineamentos presentes em uma quadrícula unitária e densidade como comprimento dos lineamentos, conforme Pressinotti (1992).

A utilização do termo lineamento segue definição de O' Leary et al (1976), que propõe um sentido essencialmente geomorfológico. Portanto, segundo este autor, o lineamento é mapeável, apresenta aspecto linear ou composto, contínuo ou descontínuo da superfície terrestre, em que as partes apresentam feições retilíneas ou ligeiramente curvilíneas, com características diferentes das adjacentes e, presumivelmente, refletem um fenômeno de subsuperfície.

A análise da carta de lineamentos em escala regional (FIGURA 22) aponta uma grande densidade de lineamentos na porção centro-sul da bacia, indicando um maior controle estrutural nesta porção. As pétalas do diagrama de roseta apontam lineamentos de drenagem distribuídos em todos os quadrantes, com destaque para 15° - 30° NNW – SSE, devido à predominância de canais com maior comprimento e frequência nesta direção. Em relação ao comportamento dos lineamentos do relevo, há dominância de direções no quadrante NNW-SSE (mesma do Espinhaço), mostrando uma concentração maior de direções estruturais. Os lineamentos da drenagem apresentam-se mais dispersos.

O grande número de canais retilíneos com junção em ângulos elevados, alguns chegando a 90°, confirmam a ação da tectônica na escala regional.

A análise de lineamentos para a Bacia do Rio Preto (FIGURA 23), encontrou predominância de valores em todos os quadrantes, que refletem certo grau de concordância na distribuição de lineamentos quando comparados ao modelo de lineamentos na escala regional. A única exceção é 60° - 75° NWW – SEE, pois não há registros de valores nesta direção na Bacia do Rio Preto.

Os lineamentos de drenagem da Bacia do Rio Preto revelaram inúmeros canais retilíneos, com direções principais NW – SE e NE – SW, e secundárias predominantes nas direções NNW – SSE, NEE – SWW. As pétalas pronunciadas do diagrama de roseta indicam maior tendência nas direções NWW – SEE, NEE – SWW, com canais de maior comprimento e frequência.

Alguns córregos seguem instalados em falhas de empurrão de direção NEE-SWW, são eles o Córrego Serraria das Boleiras (20) e o Córrego Vau das Éguas (21), na montante da bacia.

Objetivando averiguar anomalias espaciais e possibilidade de ocorrência de tectonismo, foi calculado o Fator de Assimetria (TABELA12) para as micros e sub-bacias do Rio Preto, assim como as principais direções ligadas aos lineamentos de drenagem.

Das micro e sub-bacias analisadas, somente cinco apresentaram-se simétricas ou aproximadamente simétricas, todas as demais são assimétricas. As bacias simétricas, ou aproximadamente simétricas, correspondem aos córregos: sem toponímia (1), Córrego da Chapada (3), Córrego Bom Jardim (14), Córrego Fundo (17), Córrego Lapa do Tropeiro (22), que apresentaram valores para Fator de Assimetria entre 46,99 a 51,9 e direções predominantes de NEE-SWW.

Os valores menores que 50 para o fator de assimetria correspondem a 12 micro e sub-bacias, cujos fatores variam de 30,68 a 43,04, e direções preferenciais de NNW-SSE. Os menores valores correspondem a 30,68 e 33,68, respectivamente, Córrego do Alecrim (15) e Córrego das Pedras (10). Os valores menores que 50 indicam que a bacia sofreu provável basculamento para a esquerda.

Valores maiores que 50 foram registrados para oito micro e sub-bacias, variando entre 55,20 a 82,3 de direção preferencial NNE-SSW. Os maiores valores correspondem a 80,76 e 82,38, respectivamente, Córrego Duas Barras (8), Córrego Manhães (18). Os valores maiores que 50 refletem provável basculamento para a direita.

Portanto, os valores do Fator de Assimetria, associados ao grande número de canais de drenagem retilíneos com junção em ângulos elevados, confirmam a presença de controles tectônicos na Bacia do Rio Preto.

Tabela 12. Fator de Assimetria e direção do Lineamento para Micro Bacias e Sub-Bacias

Bacia	Área Total (Km ²) At	Área da margem direita (Km ²) AR	Fator de Assimetria AF	Direção do Lineamento
1 – Sem Toponímia	7,2	3,74	51,9	-----
2 – Córrego dos Gomes	9,19	3,67	39,9	NNW-SSE
3 – Córrego da Chapada	8,76	4,19	47,79	NNW-SEE
4 - SemToponímia	3,09	2,21	71,49	NNE-SSN
5 – Córrego Santo Antônio	23,67	9,77	41,27	NNW-SSE
6 – Sem Toponímia	5,83	4,12	70,63	-----
7 – Córrego Santana	23,81	8,3	34,85	NWW-SEE
8 – Córrego Duas Barras	7,59	6,13	80,76	NNE-SSW
9 – Córrego Barrinhas	13,48	5,4	40,05	NEE-SWW
10 – Córrego das Pedras	27,49	9,26	33,68	NNE-SSW
11 – Sem Toponímia	0,904	0,537	59,40	-----
12 – Córrego da Cachoeira	8,55	3,49	40,84	NNW-SSE
13 – Córrego São Cristovão	9,12	3,90	42,72	-----
14 – Córrego Bom Jardim	11,47	5,39	46,99	NEE-SWW
15 – Córrego do Alecrim	15,9	4,88	30,68	N-S
16- Sem Toponímia	0,732	0,461	63,02	-----
17 – Córrego Fundo	5,77	2,79	48,38	NEE-SWW
18 – Córrego Manhães	6,3	5,19	82,38	NNE-SSW
19 – Sem Toponímia	2,44	0,928	38,09	-----
20 – Córrego Serraria das Boleiras	13,07	5,32	40,70	NEE-SWW
21 – Córrego Vau das Éguas	48,47	19,85	40,95	NNW-SSE
22 – Córrego Lapa do Tropeiro	3,83	1,81	47,38	NNE-SSW
23 – Sem Toponímia	8,9	3,83	43,04	NNW-SSE
24 – Sem Toponímia	3,49	1,93	55,20	NNW-SSE
25 – Córrego Taioba	6,99	4,77	68,29	NNW-SEE

FIGURA 22. Carta de Lineamentos da Região da Serra do Espinhaço Meridional - MG

Diagrama Polar de Lineamentos

Legenda

- Lineamentos da Rede de Drenagem
- Lineamentos de Relevo

1:250.000

Projeção Transversa de Mercator
Datum Horizontal: WGS 1994
Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba
Meridiano Central 45° Fuso Central 23S

Base Cartográfica: IBGE. Folhas CARBONITA (1977) e RIO VERMELHO (1992), 1:100.000. IBGE, SRTM: SE-23-X-D e SE-23-Z-B, 1:250.000

FIGURA 23. Carta de Lineamentos da Bacia do Rio Preto Espinhaço Meridional - MG

4.2. Análise Morfológica e Morfoestrutural

4.2.1. Cartas Hipsométrica e Clinográfica

A **Carta Hipsométrica** (FIGURA 24) mostra que as altitudes na Bacia do Rio Preto variam de 700 a 1800 metros. As mais baixas, entre 700 e 800 m, correspondem à planície aluvial do Rio Preto, e baixos morros e colinas do setor jusante da bacia. A amplitude, de aproximadamente 1100 metros, é bastante diferenciada entre o setor do alto curso, onde chega a 800 metros, e a foz do Rio Preto, onde não passa de 100 metros.

Sua disposição alongada destaca que as maiores altitudes definem um compartimento topográfico que caracteriza a alta bacia. Aí as altitudes variam entre 1100-1800 metros. Contornando os limites da bacia interflúvios descontínuos mostram níveis de 1000 e 1100 metros. Corresponde às bordas e relevos residuais das chapadas. As maiores altitudes, no alto curso do Rio Preto, situam-se no divisor oeste, na Serra Mata dos Criolos onde variam de 1100 e 1300 m. Os pontos culminantes (1800m) encontram-se no divisor leste da bacia, no Morro Dois Irmãos.

No médio e baixo curso as altitudes entre 800 e 900 m definem um relevos de colinas associado a espigões estreitos e sinuosos dissecados em vales profundos. Nessas altitudes dominam as vertentes ravinadas, principalmente, no divisor oeste do baixo curso. Essas feições são as responsáveis pela dissecação da chapada.

A análise da **Carta Clinográfica** (FIGURA 25) mostra que as maiores declividades apresentam-se na margem esquerda do Rio Preto e mostram-se concordantes com as feições dos interflúvios estreitos, por vezes em crista, e a presença de rupturas abruptas formando escarpas e cornijas. As vertentes da margem direita do Rio Preto, próximas à foz, também apresentam declividades mais elevadas e isso se deve ao recorte intenso dos divisores com topinhos descontínuos separados por inúmeros colos. Ainda na margem direita, declividades mais acentuadas no médio curso correspondem ao front da Chapada da Viúva, caracterizado por cornijas. Ao sul, as altas declividades são mais evidentes na Serra Mata dos Criolos e no Morro Dois Irmãos. Separa essas elevações íngremes, uma zona de baixa declividade, que corresponde as porções de lajedos rochosos e patamares que caracterizam um platô na porção montante da bacia.

Além desse setor de baixas declividades, as zonas correspondentes a planície aluvial do Rio Preto e o topo da chapadas são áreas que se destacam com relevo plano.

4.2.2 O Esboço Morfológico

A Bacia do Rio Preto revela uma grande diversidade de formas de relevo, distribuídas de maneira bastante heterogênea ao longo de toda a sua extensão. Dentre elas, destacam-se as formas ligadas principalmente à estrutura e à tectônica (FIGURA 26).

A bacia do Rio Preto foi setorizada levando em consideração o alto, médio e baixo curso.

Assim, o setor do alto curso corresponde às nascentes do Rio Preto e Córrego Vau das Éguas e faz limite com o vale onde está instalada a drenagem do Córrego Serraria das Boleiras, porção morfoestrutural importante, já que aí situa-se o trecho de direção L-W da falha de empurrão das Boleiras (nomenclatura nossa).

O médio curso tem início nessa mesma falha e seu limite corresponde a localização do Córrego Santana. Desse trecho para jusante, nomeou-se baixo curso do Rio Preto.

As formas de relevo apresentam indícios bastante claros, de caráter genético, o que levou a elaboração de um esboço morfológico que valoriza conjuntos de formas com filiação genética. Destaca-se: formas ligadas a ação fluvial, formas ligadas à estrutura, formas ligadas à tectônica e formas ligadas à erosão e modelado das chapadas.

→ Alto Curso

O interflúvio que delimita a cabeceira da bacia é demarcado pelo Córrego das Éguas e pelas cabeceiras de drenagem do Córrego Embira. Possui uma diferenciação altimétrica de 800 m, sendo o ponto mais alto o Morro Dois Irmãos (1800 m).

O interflúvio principal apresenta alguns topos isolados somente no limite sul da bacia, próximo à nascente do Rio Preto e próximo ao Córrego da Corredeira.

FIGURA 26. Esboço Morfológico da Bacia do Rio Preto Espinhaço Meridional - MG

Os colos com grande amplitude de abertura encontram-se em dois setores do interflúvio principal, no sul, entre as nascentes do Córrego Vau das Éguas e Córrego da Corredeira, e próximos à vertente direita do Córrego da Lapa, no limite leste da bacia. O Morro Dois Irmãos e Serra Mata dos Criolos, respectivamente interflúvio da direita e interflúvio da esquerda, possuem forma de relevo escarpado caracterizados por cornijas e paredões rochosos.

Uma falha descontínua, intercalada por colos estreitos, delimita as nascentes do Córrego Vau das Éguas e do Rio Preto.

O setor do alto curso apresenta muitos maciços e lajeados com rochas aflorantes e ruiniformes, principalmente nas áreas de relevo com menor declividade. Ocorrem com maior frequência na vertente esquerda do Córrego da Éguas, na vertente direita do córrego da Corredeira e nas cabeceiras do Córrego das Éguas. Com menor representatividade, estas formas ocorrem nas cabeceiras da margem esquerda do Rio Preto e ao longo de seus afluentes da margem direita. Voltados para norte, nesse conjunto de formas relacionadas aos relevos de maciços e lajeados, encontram-se muitos divisores e vertentes em formas de facetas e “chevrons”. Observa-se também alguns patamares recobertos por areia, ocupando grandes extensões e associados aos relevos ruiniformes.

Planícies suspensas com matéria orgânica e areias recobrem áreas do Rio Preto, Córrego Taioba, Córrego Vau das Éguas e Córrego da Cachoeira. Essas formas encontram-se associadas a zonas deprimidas e embrejadas, aos solos (espodossolos e organossolos), que se desenvolvem associados a essas cabeceiras de drenagem geralmente suspensas, e à montante de soleiras, marcadas por corredeiras ou cascatas.

Neste setor da bacia do Rio Preto, os vales apresentam-se bem encaixados em forma de “V”, associados a cursos de água perenes, que apresentam rupturas abruptas ao longo de seu canal formando cascatas e corredeiras. As corredeiras ocorrem com maior frequência no Córrego das Éguas, instalado em uma falha de direção NE-SW.

No limite oeste, da falha das Boleiras, os Córregos Vau das Éguas e Serrarias das Boleiras, percorre uma garganta estreita, relacionada ao lineamento tectônico.

Neste trecho desaparecem os relevos dominantes no terço médio/superior da alta bacia, associados aos afloramentos e relevos ruiniformes, devido a mudança de litologia, dos quartzitos de grão finos a médio, discretamente micáceo, contendo

lâminas de óxidos de ferro, da Formação Sopa-Brumadinho, para os quartzitos micáceos e sericita fílitos, do Supergrupo Espinhaço. Essa mudança litológica se reflete na mudança nos padrões das formas de relevo.

Cornijas contornam toda a borda do interflúvio da alta bacia, associadas aos espigões que delimitam pequenos interflúvios. Cristas rochosas e cornijas aparecem no limite entre o alto curso e o médio curso, no flanco oeste, próximas ao divisor. Estão alinhadas e têm direção predominante NE-SW.

Lineamentos e falhas ocorrem com maior representatividade no flanco oeste do alto curso, com direção preferencial NW-SE. Nestas falhas estão instalados o Córrego da Cachoeira e o Córrego Vau das Éguas.

No limite entre o médio e o alto curso, localizadas no flanco leste, ocorrem feixes de cristas paralelas e sinuosas, de direção preferencial NE-SW. Neste mesmo trecho, o Córrego Manhães tem sua cabeceira coberta por vertentes ravinadas que se desenvolvem em áreas de acentuada declividade. Alguns afluentes do Córrego Vau das Éguas também apresentam vertentes ravinadas associadas aos afloramentos de rocha.

A planície aluvial do Rio Preto tem início com o fim dos patamares rochosos, assentada sobre os quartzitos de grão finos a médio, discretamente micáceo, na confluência entre o Rio Preto, Córrego Vau da Éguas e Córrego Embira.

→ **Médio Curso**

Praticamente em todo o divisor principal do médio curso dominam as formas ligadas ao modelado de chapada. As escarpas delimitam todo o divisor, aparecendo do forma contínua ou como testemunhos residuais. Nas vertentes da margem esquerda do Rio Preto, estes testemunhos residuais da chapada têm forma alongada, apresentando-se como divisores do Córrego Bom Jardim e São Cristovão, e entre este e o Córrego das Pedras.

Colos das mais diferentes amplitudes de abertura e cornijas têm maior representatividade nas vertentes da margem direita.

As cristas rochosas ocorrem, de modo geral, nas duas margens da bacia. Constituem divisores estreitos e descontínuos com diferentes direções, E-W, NE-SW, NW-SE.

Feixes de cristas, lineamentos e falhas têm grande representatividade neste setor da bacia e encontram-se alinhadas predominantemente nas direções E-W e NE-SW, mas também ocorrem na direção NNW-SSE.

Relacionadas aos alinhamentos de falhas e aos feixes de cristas, encontram-se vertentes em facetas e “chevrons” e facetas trapezoidais, testemunhando formas originadas da dissecação de blocos falhados. Ocorrem como feições descontínuas, mas alinhadas na direção NE-SW paralelas ao vale do Rio Preto. Correspondem ao conjunto que Fonseca&Correa (2010) denominou de Compartimento Morfoestrutural Graben do Rio Preto.

Os vales em “V” são bem distribuídos e encaixados. Associados a eles ocorrem trechos com cascatas, principalmente nos afluentes da margem esquerda do Rio Preto. O Córrego Barrinha tem sua nascente encaixada em uma garganta, entre a escarpa e o relevo de crista. Tal fato pode ter gerado o estreitamento da passagem do rio, já que no setor de montante esta forma está ligada à falha de empurrão.

A planície aluvial apresenta-se contínua e marcada por níveis de baixos terraços descontínuos e depósitos de areia branca que formam praias sazonais.

No limite entre o médio e o baixo curso começam a aparecer feições de cabeceiras, descritas e mapeada como de vertentes ravinadas, localizadas no Córrego Santana, que apresentaram uma maior representatividade no setor jusante da bacia.

→ **Baixo Curso**

O interflúvio divisor da bacia no trecho do baixo curso apresenta diferenças na sua distribuição areolar e nas formas que o caracterizam. Na margem direita apresenta somente testemunhos residuais da chapada, alguns intercalados por rebaixamentos formando colos. O interflúvio da esquerda apresenta escarpas abruptas e suavizadas, muito mais contínuas e festonadas pelos entalhes e cabeceiras de diversos córregos e ribeirões (Córregos Taperinha, Santo Antônio) que entalham essa frente de erosão. Entre pontões rochosos e promontórios, relevos residuais da chapada podem ser observados, como os próximos ao Córrego Santo Antônio.

As vertentes do baixo curso são assimétricas: na margem esquerda são longas, descontínuas e muito entalhadas formando um rendilhado de pequenos vales, muitos com drenagem temporária. Na margem direita tornam-se estreitas e curtas com pequenas cristas e alguns topos convexos. No extremo jusante da bacia, o vale está muito próximo do interflúvio, divisor leste, que como já foi dito, está bem rebaixado e apresenta morrotes separados por inúmeros colos. Aí os indícios de capturas são importantes. Nesse trecho da bacia as cristas rochosas são pouco expressivas, aparecendo na margem direita do Rio Preto, próximo a Duas Barras e também na foz.

Feixes de cristas seguem direções preferenciais, NW-SE, NE-SW. Ocorrem também alinhamentos na direção NE-SW. Facetas e “chevrons” também aparecem neste setor, próximos ao Córrego das Pedras, na margem esquerda do Rio Preto e na vertente direita, nas cabeceiras do Córrego Cidreira e Duas Barras.

4.2.3. A Compartimentação Morfoestrutural

A Bacia do Rio Preto foi compartimentada em quatro Unidades Morfoestruturais (FIGURA 27). Esta subdivisão levou em consideração, principalmente, os dados referentes à geologia e à gênese das estruturas, associados aos outros parâmetros cartografados, como hipsometria, declividade, lineamentos e drenagem. Estes domínios serão descritos e analisados individualmente.

→ Unidade de Estrutura Sedimentar em Rift Continental

Localizada na porção norte da bacia, esta unidade caracteriza-se pela litologia de metadiamicrito de matriz de granulação muito fina, quartzosa ou micácea. Apresenta-se como uma pequena mancha, delimitando as cabeceiras do Córrego Santo Antônio. Ocorrem também manchas isoladas nas cabeceiras do Córrego Taperinha e do Córrego Santana.

As altitudes variam entre 800–1100 m. Na áreas aplainadas, as declividades correspondem a 3%, predominando vertentes cuja declividade varia entre 5 e 10%, mas raramente ultrapassa 20%.

Os lineamentos de relevo são pouco representativos neste setor, mas todos têm direção NW-SE. O Córrego Santo Antônio, principal córrego desta unidade, apresenta-se encaixado sobre uma falha (lineamento) de direção NW-SE. O Fator de Assimetria calculado para sua micro bacia indica que sofre um basculamento para a esquerda (Norte). Assim, suas vertentes são mais curtas à direita e possuem declividades maiores, que chegam a 20%. O que permite afirmar que esta unidade possui um forte condicionante estrutural.

O limite desta unidade é marcado por escarpas abruptas e suavizadas, que delimitam os platôs onde estão localizados os Latossolos Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho. Prolongando-se para o interior, ou no entorno desta unidade, ocorrem testemunho isolados residuais da chapada.

Possui vales profundo em “V” e predominam as vertentes ravinadas que ocupam grandes extensões ao longo dos afluentes da cabeceira do Córrego Santana.

→ **Unidade de Estrutura de Vulcanismo Básico, Metamorfizada em Xisto Verde**

Esta unidade ocorre em pequenas manchas no flanco direito e esquerdo da bacia, mas possuem maior representatividade na porção central. É composta por derrames de metabasitos, xistificados ou não, preservando estruturas em almofadas.

As altitudes desta unidade variam entre 800-1000 m. Na planície aluvial a declividade é de 3%, já as vertentes apresentam declividades entre 10 e 15%

Os lineamentos de relevo apresentam direção preferencial N-S e direções secundárias NEE-SSW.

Predominam, nesta unidade, os solos do Sistema Laterítico, formados por Couraça Ferruginosa Laterítica, Latossosolo contendo relíquias de couraça sobre relevos aplainados dos testemunhos residuais da chapada, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, nos setores intermediários das vertentes. Os Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo ocorrem na base das vertentes.

Cristas rochosas delimitam nascentes e quebras de declive nos córregos desta unidade, originando cascatas, principalmente nos córregos da margem esquerda dos afluentes do Rio Preto. Relevos de cornijas ocorrem com maior frequência na margem esquerda do Rio Preto, que corta essa unidade a leste. Vertentes em facetas e “chevrons” ocorrem no norte desse setor, no contato entre as litologias dos metabasitos, xistificados ou não, e dos quartzitos micáceos.

Os vales em “V” são alongados e apresentam maior extensão e declividade na margem esquerda – Córrego São Cristovão e Córrego Bom Jardim. O fator de assimetria medido indica que esta unidade sofreu basculamento para o Norte.

→ **Unidade de Estrutura Dobrada Sinformacionais e Falhadas**

Esta unidade possui grande extensão, ocupando desde o setor norte do alto curso até a foz do Rio Preto. Possui uma heterogeneidade de formas, desde as ligadas a erosão até as ligadas à tectônica.

A unidade apresenta litologias dos quartzitos micáceos e sericita filitos, do Supergrupo Espinhaço. Essa unidade apresenta-se como importante frente de dissecação da chapada, dada a inúmera presença de vertentes ravinadas que contribuem para a dissecação desta unidade.

Predominam, nessa unidade, vertentes com declividade entre 5 e 10%, porém podem ultrapassar 25%. As altitudes variam de 700-1200 m.

As escarpas abruptas, que se prolongam para o interior, delimitam toda essa unidade. Feições rebaixadas e colos, de diferentes amplitudes de abertura também compõem o limite desta unidade.

Os relevos residuais da chapada ocorrem com maior frequência na margem esquerda do Rio Preto. Tanto o topo das chapadas como o topo dos relevos residuais da chapada são cobertos por materiais latossolicos e apresentam-se aplainados.

Possuem rupturas abruptas bem marcadas por cornijas em muitos setores da unidade. Na margem direita do Rio Preto ocorrem alguns topos aplainados intercalados por cristas e as vertentes são mais curtas com declividades que raramente chegam a 10%. Em direção a jusante, onde o rio tem seu eixo de drenagem encaixado muito próximo ao divisor, as vertentes possuem declividades que podem ultrapassar 20%.

Feições retilíneas marcadas por feixes de cristas paralelas e sinuosas ocorrem no sul dessa unidade, próximas ao contato da Unidade de Estruturas Dobradas Antiformacionais e Falhadas. É possível observá-las também no limite sul da Unidade de Estrutura de Vulcanismo Básico, Metamorfizada em Xisto Verde. Estas mesmas feições ocorrem na margem esquerda do Rio Preto e possuem direção preferencial NE-SW, assim como facetas trapezoidais e vertentes em facetas e “chevrans”, acompanhando a planície aluvial do Rio Preto. Na margem direita estas feições ocorrem na borda da chapada e são limitadas por falhas de direção NE-SW .

Os lineamentos de relevo nessa unidade seguem direção preferencial NW-SE e secundária NE-SW.

Grande parte dos afluentes do Rio Preto, que compõem essa unidade, apresentam Fator de Assimetria cujos valores indicam processos de basculamento para a esquerda (Norte).

Nessa unidade dominam os solos do sistema laterítico, secundariamente ocorrem os Neossolos Litólicos associados a declividades acentuadas - localizados na área onde ocorre um estrangulamento da bacia - e Neossolos Quatzarênico.

→ **Unidade de Estrutura Dobrada Antiformacionais e Falhadas**

Localizada no sul da bacia, esta unidade assinalada pela litologia de quartzitos de grão fino a médio, discretamente micáceo, com lâminas de óxido de ferro, sofre forte influência da estrutura subjacente.

As declividades predominantes para essa unidade variam de 3 a 10%, sendo que as menores declividades correspondem aos setores aplainados de rochas aflorantes e ruiniformes, muitas vezes acompanhados de patamares recobertos por areia branca. Estes ocorrem com maior frequência no setor oeste, acompanhando os Córregos Vau das Éguas e Córrego das Éguas

Vertentes com declividades mais acentuadas, entre 30 e 40%, ocorrem próximas a Serra Mata dos Criolos e ao Morro Redondo. As altitudes variam de 800 m na planície aluvial do Rio Preto a 1800 m nos trechos mais elevados.

Os rios dessa unidade seguem encaixados em falhas de direção preferencial NW-SE. Gargantas são observadas próximas à falha das Boleiras (de empurrão). Em muitos trechos onde há patamares escalonados, formam-se inúmeras quedas d'água. Ocorrem secundariamente feixes de falhas de direção N-S e E-W. Facetas e “chevrons” ocorrem, com maior frequência, nas vertentes cujas declividades variam de 15 a 25%.

Cristas rochosas alinhadas ocorrem principalmente no estrangulamento dessa unidade com a Unidade de Estrutura Dobrada Sinformacionais e Falhadas. As Vertentes da borda da unidade apresentam rupturas abruptas marcadas por cornijas em divisores de acentuada declividade e Colos de diferentes amplitude de abertura.

Ao sul dessa unidade observa-se planícies com matéria orgânica e areias associadas ao Organosso Mésico e Espodossolo Hidromórfico.

O diferencial morfológico dessa unidade é o aparecimento de vertentes ravinadas, predominantes na Unidade de Estrutura Dobrada Antiformacionais e Falhadas.

Ao norte dessa unidade as configurações morfológicas são diferentes: diminuem as formas ligadas à tectônica; as vertentes possuem declives menos acentuados marcados por cornijas, mas ainda aparecem os patamares cobertos por areia.

A distribuição dos solos neste setor contrasta com os solos das outras unidades apresentadas, são Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos Organossolo Mésico, Espodossolo Hidromórfico, Latossolo Amarelo, Couraça Ferruginosa Laterítica e solos litodependentes. A evolução dos sistemas de solos nessa unidade será discutida no item (4.3), “Domínios e Sistemas Pedológicos da Bacia do Rio Preto”.

4.3. Os solos da Bacia do Rio Preto

Nesse item serão apresentados os resultados do reconhecimento dos solos da Bacia do Rio Preto e seu mapeamento exploratório.

Por se tratar de uma representação em escala pequena, optou-se por caracterizar as coberturas pedológicas através dos sistemas pedológicos mais representativos dos compartimentos morfológicos. Contou-se, para a elaboração deste capítulo, com os dados produzidos por Michelin (2012) e diversos artigos apresentados por Nascimento & outros, mencionados na apresentação dessa Dissertação de Mestrado. Além desse apoio bibliográfico, missões de campo foram empreendidas para fazer as descrições morfológicas de perfis selecionados.

4.3.1. Análise Morfológica dos perfis selecionados

→ Latossolos

A descrição Morfológica dos perfis que não apresentaram nódulos ferruginosos de argila ou quartzo (pontos 3, 20, 23 e 42) encontra-se no Quadro 1.

O Perfil do Ponto 3 (FIGURA 28) localiza-se próximo à cidade de São Gonçalo do Rio Preto, nos interflúvios entre o Córrego das Pedras e Córrego São Cristovão, encontra-se sobre cobertura elúvio-coluvionar do quaternário e o terço superior da vertente. A cobertura vegetal sobre o perfil é de braquiárias. No entorno, a vegetação é composta por árvores de pequeno porte e áreas de pasto. A altitude é de 915 m e declividades entre 5 a 10%.

O perfil do Ponto 20 localiza-se entre o Córrego das Rochas e o Córrego Palmital. O perfil em questão encontra-se próximo à margem esquerda do Córrego Palmital, sobre quartzito micáceo e filito interestratificado, do Supergrupo Espinhaço, e ocupa a parte inferior da vertente. A cobertura vegetal do entorno é composta por árvores de pequeno a médio porte e áreas de pasto. A altitude é de 749 m e declividades entre 3 a 10%.

O perfil localizado no Ponto 23 entre o Córrego Palmital e o Córrego das Cidreiras, encontra-se sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço e ocupa a parte superior da vertente. A cobertura vegetal do

perfil é de braquiária, mas no entorno encontram-se árvores de pequeno e médio porte e áreas de pastagem. A altitude é de 749 m e declividades entre 5 a 10%.

Já o perfil do Ponto 42 encontra-se localizado entre o Córrego Barrinha e o Rio Preto, assenta-se sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço, ocupando à parte superior da vertente. O perfil é coberto por gramíneas e no entorno predomina uma vegetação mais densa e áreas de pasto. A altitude é de 746 m e declividades entre 5 a 10%.

De maneira geral, os perfis apresentam cores que variam do Vermelho ao Bruno Avermelhado, apresentam textura silte-argilosa, silte-arenosa a arenosa, estrutura granular a subangular e localizam-se entre as altitudes de 700 a 915 m, predominantemente, na parte superior da vertente.

A descrição Morfológica dos perfis (ponto 39 e 63) que apresentaram nódulos ferruginosos, encontra-se no Quadro 2.

O ponto 39 (FIGURA 29) localiza-se em uma área de chapada, entre o Rio Preto e o Córrego das Rochas, sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço. Apresenta em sua superfície cobertura vegetal de pequeno porte e a superfície do solo é coberta por musgo. Ocupa o terço superior da vertente, cuja altitude é de 793 m e declividade entre 5 e 10%.

O ponto 63 também está localizado na Chapada Santo Antônio, limite noroeste da bacia, sobre cobertura elúvio-coluvionar. Ocupa o terço superior da vertente e a superfície é coberta por gramíneas e vegetação rasteira. A altitude é de 957 m e declividades < 3%.

Nestes perfis as cores variam do Vermelho Escuro Acinzentado ao Bruno Avermelhado Escuro, a textura é predominantemente silto-argilosa ou areno-argilosa, e possuem estrutura granular. Localizam-se próximas às altitudes dos 800 a 1000m, preferencialmente na parte superior da vertente ou no seu terço superior e apresentam nódulos de argila ou de quartzo desde o topo do perfil.

FIGURA 28 . Localização, representação e perfil topográfico do Latossolos sem Nódulos

FIGURA 29. Localização, representação e perfil topográfico do Latossolos com Nódulos

→ **Argissolos**

A descrição Morfológica dos perfis (pontos 12, 50) encontra-se no Quadro 3.

O ponto 12 (FIGURA 30) localiza-se entre o Córrego Santana e o Córrego das Pedras, sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço, ocupa a média vertente. A superfície deste solo é coberta por vegetação de médio e grande porte. A altitude é de 808 m e declividade entre 5 a 10%.

O ponto 50 localiza-se próximo ao Córrego Barrinha, entre o Córrego Santana e o Córrego das Pedras. Assenta-se sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço, ocupa a parte inferior da vertente, sobre cobertura vegetal de gramíneas. A altitude é de 767 m e declividade entre 5 a 10%.

Os perfis apresentam cores entre Bruno Forte a Vermelho escuro, textura silte-areno-argilosa a silto-argilosa e, estrutura granular. No perfil do ponto 50, os nódulos de argila aparecem no horizonte B (52-111 cm), juntamente com lito-relíquias de filitos, grânulos de argila e quartzo.

→ **Couraça**

O perfil encouraçado (FIGURA 31) ocupa grandes extensões do setor Noroeste e Nordeste da Bacia em seu médio e baixo curso e ocorrem pontualmente no setor de montante. É encontrado em uma larga faixa de altitude, entre 700 e 1700 m e ocupa a borda das chapadas.

A couraça aparece preservada, principalmente, a sudoeste da bacia onde foram encontrados perfis encouraçados com mais de dois metros de espessura.

No setor de montante, a couraça surge em áreas restritas, ocupando os níveis altimétricos entre 1100-1200 m, 1400-1500 m e 1600-1700 m. Em alguns setores de montante encontram-se restos e relíquias desta couraça circundadas por afloramentos de rocha da Formação Sopa-Brumadinho.

FIGURA 30. Localização, representação e perfil topográfico dos Argissolos sem e com Nódulos

FIGURA 31. Localização dos perfis encouraçados

→ **Espodossolos**

Os espodossolos foram descritos no trabalho de Doutorado de Michelin (2011), que realizou estudo de um Sistema de Solos Laterítico e Podzolizado em topossequência, no alto Rio Preto.

O perfil estudado e descrito neste trabalho refere-se a uma das trincheiras descritas e analisadas por Michelin (2011).

A trincheira (QUADRO 4) descrita apresenta um horizonte Bh em profundidade, cor variando do Bruno escuro ao Bruno, textura arenosa, estrutura maciça que se desfaz em granular e ocupa o terço inferior da vertente estudada.

O aparecimento do Bh em profundidade levantou a hipótese de que a matéria orgânica que impregna a base da trincheira poderia derivar do remonte do lençol em um sistema fechado, muito diferente do que ocorre hoje. Tal fato pode ser explicado, pois o estudo em topossequência apontou dois aspectos da distribuição da matéria orgânica. O primeiro aspecto é a distribuição “pimenta-sal” e o segundo é a distribuição formando películas nos grãos de areia. Portanto, o primeiro aspecto reflete o caráter eluvial do horizonte enquanto o segundo, o caráter de acumulação, ou seja, de dissolução e mobilidade da matéria orgânica, Michelin (2011). Outro fator que corrobora a hipótese levantada é a cor preta da água do lençol, reafirmando a dissolução e o transporte da matéria orgânica.

→ **Lito-dependente**

A descrição Morfológica dos perfis (pontos 19, 86) encontra-se no Quadro 5.

O ponto 19 (FIGURA 32) localiza-se entre o Córrego das Rochas e o Córrego Palmital, sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço, ocupa a parte superior da vertente e apresenta-se coberto por cobertura vegetal. A altitude é de 763 m e declividade entre 5 a 10%.

O perfil do ponto 86 localiza-se entre o Córrego das Pedras e o Córrego Barrinha, sobre quartzito micáceo e filito interestratificado do Supergrupo Espinhaço. Ocupa o terço superior da vertente e apresenta superfície coberta por gramíneas. A altimetria é de 727 m e declividade entre 5 a 10%.

Os perfis apresentam cores entre Bruno Amarelado a Bruno Amarelo Escuro, textura silto a silto-arenosa, estrutura em blocos subangulares a maciça, localiza-se acima dos 750 m e ocupa a parte superior da vertente.

FIGURA 32. Localização, representação e perfil topográfico dos solos lito-dependentes

Quadro 1. Descrição Morfológica dos Latossolos sem nódulos				
Perfil	Descrição	Geologia	Posição na Vertente e Condições de Superfície	Altitude (m)
<p>Ponto 3</p> <p>0 - 30</p> <p>30 - 90</p> <p>90 - 100</p> <p>100 +</p>	<p>Horizonte A3 (0-30 cm) Cor vermelho. Textura areno-argilosa, pouco plástica e pouco pegajosa. Estrutura subangular, mediamente consistentes e predominantemente granular. Porosidade tubular. Presença de raízes. Presença de quartzo (até 2 mm).</p> <p>Horizonte B (30-90 cm) Cor vermelho (2.5YR 4/6). Estrutura subangular (estrutura em bloco dominante). Porosidade tubular fina e estrutural. Presença de fragmentos de quartzo (pequenos), aumentando para a base do horizonte.</p> <p>Horizonte B/C (90-100 cm) Fragmentos de quartzo, matriz envolve inúmeros cristais de quartzo oriundos de uma alteração de um veio</p> <p>Horizonte C (100 cm +) 2,5YR 5/8 Cor vermelho (2.5YR 5/8). Textura areno-siltosa. Estrutura bem desenvolvida. presença de cascalhos. Textura: areno-siltosa, pouca argila, no meio da massa fina presença de cascalhos.</p>	<p>Quaternário</p> <p>Qtd: Cobertura elúvio-coluvionar em superfície de aplainamento.</p>	<p>Terço superior da vertente</p> <p>Superfície coberta com Braquiária, vegetação rasteira, árvores de pequeno porte, área de pasto</p>	915
<p>Ponto 20</p> <p>0 - 14</p> <p>14 - 47</p> <p>47 - 85</p> <p>85 - 106</p> <p>106 +</p>	<p>Horizonte (0-14 cm) Cor vermelho (2.5YR 5/6). Textura silto-argilosa, ligeiramente pegajoso. Estrutura granular pequena em blocos subangulares, quase grumosa. Bastante poroso, presença de cascalho, quantidade média de raízes finas e atividade biológica intensa</p> <p>Horizonte (14-47 cm) Cor bruno avermelhado do horizonte 2.5YR 4/4. Textura silto-argiloso, plástica e ligeiramente pegajosa. Estrutura forte em bloco médios e pequenos. Porosidade tubular, estrutural e textural bem visível. Presença de raízes, atividade biológica forte.</p> <p>Horizonte (47-85 cm) Bt Cor vermelho (2.5YR 4/8). Textura argilo-siltosa, plástica e pegajosa. Estrutura forte, em blocos médios e pequenos. Raízes finas e grossas, atividade biológica intensa.</p> <p>Horizonte (85-106 cm) Cor vermelho (2.5YR 5/6 a 5/8). Textura silto-argilosa, plástica e ligeiramente pegajosa. Estrutura fraca, em blocos subangulares. Poucas raízes. Atividade biológica diminui.</p> <p>Horizonte (106 cm +) Cor vermelho (2.5YR 5/6 a 5/8). Textura siltosa. Estrutura maciça, em blocos, porosidade fina.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Parte inferior da vertente</p> <p>Superfície com cobertura vegetal</p>	749
<p>Ponto 23</p> <p>0 - 23</p> <p>23 - 42</p> <p>42 - 98</p> <p>98 - 120</p> <p>120 - 147</p> <p>147 +</p>	<p>Horizonte (0-26 cm) Cor bruno forte (7.5YR 4/6). Textura silto-arenosa, ligeiramente plástico, não pegajoso. Estrutura maciça, subestrutura granular, grânulos maiores e blocos pequenos. Raízes (braquiária).</p> <p>Horizonte (26-42 cm) E Cor de bruno claro a bruno (7.5YR 6/4 a 5/4). Textura silto-arenosa. Estrutura maciça, esboça estrutura laminar. Porosidade tubular. Poucas raízes. Problema com hidromorfia.</p> <p>Horizonte (42-98 cm) Cor vermelho amarelado (5YR 4/6), corresponde aos planos mais argilosos, faces mais claras, cor vermelho amarelado (5YR 5/6). Textura argilo-siltosa, plástica, e pegajosa, com volumes mais duros de argila. Estrutura forte, blocos poliédricos médios e pequenos. Atividade biológica.</p> <p>Horizonte (98-120 cm) Cor vermelho amarelado (5YR 4/6), volumes mais escuros, cor vermelho amarelado (5YR 5/8). Textura silto-argilosa, pouco pegajosa. Estrutura forte em bloco subangulares. Porosidade tubular. Poucas raízes. Atividade biológica. Apresenta mosqueamento.</p> <p>Horizonte (120-147 cm) Cor amarelo avermelhado (5YR 6/6). Textura silto-arenosa. Estrutura granular fraca, poliédrica. Porosidade tubular forte. Poucas raízes. (materiais heterogêneos: quartzo, cascalho, filito, couraça)</p> <p>Horizonte (147 cm +) Cor vermelho amarelo (5YR 5/8). Textura silto-arenosa. Estrutura maciça. Pouco poroso. Presença de grânulos de quartzo (2 a 3 mm) e fragmentos de filito.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Parte superior vertente</p> <p>Supérficie coberta com Braquiária, área de pasto</p>	749
<p>Ponto 42</p> <p>0 - 10</p> <p>10 - 26</p> <p>26 - 34</p> <p>34 - 49</p> <p>49 - 83</p> <p>83 +</p>	<p>Horizonte (0-10 cm) Cor vermelho (2.5YR 4/6). Textura arenosa, areia grossa, ligeiramente plástica e pegajosas. Estrutura granular pequena de consistência média. Porosidade estrutural e textural. Muitas raízes.</p> <p>Horizonte (10-26 cm) Cor vermelho (2.5YR 4/8). Textura arenosa, pegajosa. Estrutura maciça, grânulos e poliédricos pequenos. Porosidade tubular, estrutural e textural. Raízes finas. Presença de restos de carvão.</p> <p>Horizonte (26-34 cm) Cor bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4). Textura arenosa, areia grossa. Estrutura maciça granular forte. Porosidade tubular, estrutural e textural. Raízes abundantes. Horizonte concentra fragmentos de carvão vegetal formando um horizonte um pouco mais orgânico.</p> <p>Horizonte (34-49 cm) Cor vermelho (2.5YR 4/8). Textura arenosa, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Estrutura maciça, granular dominante e estrutura poliédrica secundária pequena. Porosidade forte, estrutural e textural fina. Poucas raízes. Restos de carvão.</p> <p>Horizonte (49-83 cm) Cor vermelho escuro (2.5YR 3/6). Textura arenosa (pouco de argila). Estrutura granular com poliedros pequenos. Porosidade forte, tubular, textural e estrutural abundante. Raízes visíveis, finas e abundantes. Restos de carvão.</p> <p>Horizonte (83 cm +) Cor bifásica, vermelho escuro (2.5YR 3/6) e vermelho (2.5YR 4/8). Textura arenosa, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Estrutura maciça, granular, poliedros médios com mais argila que a massa granular. Poroso. Poucas raízes. Atividade biológica intensa. Restos de carvão.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Parte superior vertente</p> <p>Superfície com gramíneas e cobertura vegetal densa mas proximidades</p>	746

Quadro 2. Descrição Morfológica dos Latossolos com nódulos				
Perfil	Descrição	Geologia	Posição na Vertente e Condições de Superfície	Altitude (m)
<p>Horizonte(0-13 cm) Cor vermelhoescuroacinzentado (10R3/4). Textura silto-argilosa, plástica, pouco pegajosa. Estrutura forte, poliédrica pequena, grânulos grandes (dominantes), grumosa. Porosidade tubular, poroestruturais. Poucaraiz. Presença de nódulos de argila.</p> <p>Horizonte(13-45 cm) B Cor vermelho escuro acinzentado (10R 3/4). Textura silto-argilosa, pouco pegajoso e muito plástica. Estrutura poliédrica forte, com nódulos de argila, poliedros médios. Porosidade estrutural abundante, porosidade textural fina. Muita atividade biológica. Nódulos fortemente floculados.</p> <p>Horizonte(45-77 cm) C1 (com resto de rocha) Cor vermelho (10R 4/6). Textura silto-argilosa, pouco pegajoso, muito plástica. Estrutura poliédrica fina. Porosidade estrutural desenvolvida, textural fina. Tem muitas raízes. Nódulos fortemente floculados. Apresenta fragmentos de quartzo até 7 cm.</p> <p>Horizonte(77 cm.) C2 Cor vermelho escuro (2.5 YR 3/6) a vermelho amarelado (5YR 4/6). Textura silto-argilosa. Estrutura maciça. Muitaraiz. Possui restos derocha ematerial ferruginizado.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Parte superior da vertente</p> <p>Superfície com cobertura vegetal e presença de musgo</p>	793
<p>Horizonte(0-8 cm) Cor vermelho escuro acinzentado (10R 3/4). Textura areno-argilosa, pouco plástico, pouco pegajoso. Estrutura granular, grânulos maiores e endurecidos Muito poroso, poros estruturais e texturais finos. Muitas raízes. Pequenos grânulos de quartzo.</p> <p>Horizonte(8-32 cm) Cor bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4). Textura é areno-argilosa. Estrutura granular, sobressaindo uma estrutura granular grosseira até 0,5 cm, mais forte, mais argilosa. Muito poroso, porosidade estrutural fina e textural. Muitas raízes. Presença de nódulos de quartzo e argila. Horizonte apresenta aspecto maciço, mas que se desfaz em grânulos.</p> <p>Horizonte(33-63 cm) Cor bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4) a vermelho escuro (2.5YR 3/6). Textura areno-argilosa. Estrutura granular (pequenos agregados granulares endurecidos). Poroso. Muitas raízes. Horizonte apresenta aspecto maciço que se desfaz em granular. Presença de areia grossa e nódulos argilosos.</p> <p>Horizonte(63 cm +) Cor vermelho escuro (2.5YR 3/6). Textura areno-argilosa. Estrutura granular. Muito poroso, porosidade estrutural e porosidade textural fina. Poucas raízes. Presença de areia grossa, volumes milimétricos, mais endurecidos, argila, areia, cimento ferruginoso. Presença de nódulos de argila endurecido.</p>	<p>Quaternário</p> <p>Qtd: Cobertura elúvio-coluvionar em superfície de aplainamento.</p>	<p>Terço superior da vertente</p> <p>Superfície com cobertura de gramíneas e vegetação rasteira</p>	957

Quadro 3. Descrição Morfológica dos Argissolos sem nódulos e com nódulos				
Perfil	Descrição	Geologia	Posição na Vertente e Condições de Superfície	Altitude (m)
<p>Horizonte (0-6 cm) Cor bruno (7,5YR 4/4).Textura silte-areno-argilosa. Estrutura granular com aspecto maciço que se desfaz em grânulos. Porosidade tubular desenvolvida (canal de formiga). Presença de grânulos de quartzo.</p> <p>Horizonte (6-40 cm) Cor bruno forte (7,5YR 4/6).Textura silte-areno-argilosa, pouco plástico, nada pegajoso. Estrutura em pequenos blocos de 1,5 cm, estrutura granular secundária muito ligada à atividade biológica, grumos de argilas de atividade biológica.</p> <p>Horizonte (40- 70 cm) Cor vermelho amarelado (5YR 4/6).Textura silte-areno-argilosa, plástico, pouco pegajoso. Estrutura poliédrica em blocos, de médios a pequenos, leve cerosidade. Bastante raiz. Muita atividade biológica (pelotas fecais).</p> <p>Horizonte (70 cm +) Cor vermelho amarelado (5YR 4/6) a bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) estrutura maciça, poliédrica. Textura silte-areno-argilosa, ligeiramente mais argiloso. Muito poroso. Cor vermelho amarelado (5YR 5/8) dos volumes centimétricos, formando pequenas blocos individualizados.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Media vertente</p> <p>Superfície com cobertura vegetal</p>	808
<p>Horizonte (0-15 cm) A11 Cor bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/3). Textura silto-argilosa. Estrutura granular, grumosa, poliedros de consistência média. Levemente adensado. Porosidade estrutural e tubular pouca, alguns poros tubulares. Poucas raízes.</p> <p>Horizonte (15-52 cm) A3 Cor bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/4). Textura silto-argilosa. Estrutura granular média e poliédrica subangular média a grande. Textura fina, estrutura poliédrica, estrutura dura e forte. Poros tubulares e estruturais. Atividade biológica forte.</p> <p>Horizonte (52-111 cm)B Cor vermelho (2.5YR 4/6) a vermelho (10R 4/6). Textura silto-argilosa, plástica e não pegajosa. Aspecto maciço que se fragmenta em poliedros pequenos a médios. Poroso, poros tubulares. Atividade biológica abundante. Possui restos de filito (lito-relíquia). Apresenta bolinhas de argila, grânulos de quartzo e nódulos de argila.</p> <p>Horizonte (111 cm +) Cor vermelho (2.5YR 4/8). Textura é silto-argilosa. Estrutura maciça que se fragmenta em grânulos. Apresenta nódulos ferruginosos, grânulos de quartzo, restos de rocha, cascalho de quartzo.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>pEeqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Parte inferior da vertente</p> <p>Superfície coberta com gramíneas</p>	767

Quadro 4. Descrição Morfológica do Espodossolo				
Perfil	Descrição	Geologia	Posição na Vertente e Condições de Superfície	Altitude (m)
<p>Horizonte(0-3cm)Ae1 Cinza claro (10YR7/2); arenoso (areia fina); grãos soltos de areia lavada e granular (grânulos de matéria orgânica); muito poroso; muitas raízes.</p> <p>Horizonte (3-10 cm)Ae2 Bruno claro (10YR6/3); arenoso; grãos soltos de areia lavada e granular (grânulos de matéria orgânica); muito poroso; muitas raízes. Transição gradual com o horizonte superior.</p> <p>Horizonte(10-15cm)Bhs Bruno escuro (10YR3/3), arenoso; maciço que desfaz em granular; poroso; raízes poucas. Limite nítido com o horizonte superior.</p> <p>Horizonte(15-43cm)B1 Horizonte de cor heterogênea, bruno (10YR5/3) com domínios de matéria orgânica bruno acinzentada escura (10YR4/2) e pontuações bruno avermelhadas (2.5YR4. 5/3); arenoso; maciço; poroso. Limite nítido interpenetrado com o horizonte superior.</p> <p>Horizonte(43-51 cm)IIC/B Amarelo (10YR7/8) com domínios cinza empretecidos no limite inferior do horizonte; arenoso; maciço; poroso. Transição gradual com limite difuso para o horizonte superior.</p> <p>Nível de cascalho(51-63 cm) Cascalhos de quartzo de até 1 cm em meio a matriz amarelo pálido (10YR8/3) com domínios amarelos (10YR7/8); arenosa. Limite abrupto com o horizontes superior.</p> <p>Horizonte(63-66 cm)IIC1 Metarenito alterado com textura petrográfica e estrutura litológica maciça e bandada, com pequenos veios de quartzo (face sul). Cor heterogênea, amarela (10YR7/8 dominante e 10YR7/6), amarela-avermelhada (7YR6/8), domínios cinza escuro. Quartzoso e micáceo. Limite abrupto ressaltado pelo aparecimento do cascalho.</p> <p>Horizonte(66-85 cm)IIC2 Metarenito alterado com textura petrográfica e estrutura litológica bandada, com justaposição de cores amarela-avermelhada (7YR6/8, dominante), amarela (2,5Y8/8) e bruno-acinzentada empretecida (10YR3/2); quartzoso e micáceo; porosidade forte entre as bandas entre as quais aparece o material orgânico (10YR3/2). Transição gradual pela diminuição da fase vermelha.</p> <p>85-129 cm: HorizonteIIC3-106-122cm: Bh/IIC IIC3:Metarenito alterado com textura petrográfica e estrutura litológica bandada; cor branca com pontuações ferruginosas avermelhadas; quartzoso e micáceo. Limite abrupto com o horizontesuperior, sublinhado pela presença de matéria orgânica(10YR3/2). Bh/IIC: Horizonte de cor 10YR3/1. A matéria orgânica penetra nas bandas do metarenito alterado e impregna a alteração hidromórfica adjacente. Tem formato em cunha que avança para a montante do perfil.</p>	<p>Formação Sopa-Brumadinho</p> <p>põesb: Quartzito de grão fino a médio, discretamente micáceo, contendo lâminas de óxidos de ferro e exibindo estratificação cruzada tabular, de médio porte</p>	<p>Terço inferior da Vertente</p> <p>Superfície com cobertura vegetal</p>	<p>?</p>

Quadro 5. Descrição Morfológica dos Lito-dependentes				
Perfil	Descrição	Geologia	Posição na Vertente e Condições	Altitude (m)
<p>Horizonte(0-7 cm) Cor bruno (10YR 4/3). Textura siltosa, pouco plástica e pouco pegajosa. Estrutura em blocos subangulares pequenos e estrutura granular pequena (quase grumosa). Poroso, poros tubulares pequenos. Pouca raízes. Presença de areia grossa (quartzo, fração areia).</p> <p>Horizonte(7-26 cm) Cor bruno amarelado (10YR5/4). Textura silto-arenosa. Estrutura em blocos subangulares pequenos com estrutura grumosa. Porosidade tubular. Muitas raízes. Atividade biológica intensa. Presença de fragmentos de quartzo ferruginizados</p> <p>Horizonte(26-54 cm) Cor amarelo brunado (10YR 6/8), cor secundaria bruno amarelado claro (10YR 6/4). Textura silto-arenosa, presença de cascalhos (grande parte do horizonte). Estrutura da matriz grumosa (grande). Porosidade alta. Muitas raízes. Presença de quartzo ferruginizado, sinais de hidromorfia.</p> <p>Horizonte(54 cm+) Cor amarelo brunado (10YR6/8), cor da ferruginização do cascalho vermelho amarelado (5YR 5/8). Textura ligeiramente mais argilosa. Estrutura granular, fraca que se desfaz em areia. Muito poroso. Muitas raízes. Possui cascalhos maiores (5 cm), muitos ferruginizados.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>põesqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Vertente parte superior</p> <p>Superfície com cobertura vegetal</p>	<p>763</p>
<p>Horizonte(0-12 cm) Cor bruno (10YR 5/3). Textura arenosa. Estrutura maciça, se desfaz em grãos. Muito poroso, porosidade textural fina a média. Raízes finas abundantes. Apresenta areia solta lavada.</p> <p>Horizonte(12-39 cm) Bolsão Cor bruno amarelado escuro (10YR 4/4) volumes mais escuros e volumes mais orgânico amarelo brunado (10YR 6/8). Estrutura fina maciça, com grânulos pequenos. Atividade biológica intensa. Agregados frágeis.</p> <p>Horizonte (12–51cm) Cor do horizonte é heterogênea, cor dominante bruno amarelo claro (10YR 6/4), cor dos volumes escuros bruno amarelado escuro (10YR 4/4), cor dos volumes claros amarelo avermelhado (7.5YR 6/8). Textura arenosa. Estrutura maciça. Poroso. Áreas com feições de coifa, perda de argila, de areia branca lavada.</p> <p>Horizonte(48-78 cm) Cor vermelho escuro (7.5YR 6/6). Maciço. Poroso. Grânulos endurecidos, que são arenosos também, aAtividade biológica importante. Areia solta</p> <p>Horizonte(78 cm.)C Cor vermelho escuro (2.5YR 3/6). Maciço. Pouco poroso. Atividade biológica intensa. perda da argila, ficando arenoso.</p>	<p>Supergrupo Espinhaço</p> <p>põesqf: Quartzitos micáceos e filitos interestratificados</p>	<p>Terço superior da vertente</p> <p>Superfície coberta com gramíneas</p>	<p>727</p>

4.3.2. Domínios e Sistemas Pedológicos da Bacia do Rio Preto

As descrições dos solos permitiram englobar os solos em três domínios (FIGURA 33). São eles: laterítico, podzolizado e litodependente

O *Domínio Laterítico* incluiu três sistemas de solos – Couraça ferruginosa, latossólico e argílico.

O sistema de couraça ferruginosa incluiu:

- Associação entre Couraça Ferruginosa Laterítica, Latossolo contendo relíquias de Couraça Ferruginosa Laterítica e solos Litodependentes, doravante denominado de Sistema encouraçado.

O sistema latossólico incluiu:

- Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho, com ou sem nódulos ferruginosos e restos de Couraça Ferruginosa Laterítica, será denominado de Sistema Latossólico com nódulos.
- Latossolo Amarelo com horizonte espódico na base do perfil e Cambissolo Háplico, que será denominado de Sistema Latossólico Amarelo.

O sistema argílico incluiu:

- Associação entre Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo, com e sem nódulos de Couraça e solos Litodependentes a ser chamado de Sistema Argílico com nódulos.

O *Domínio Podzolizado* incluiu três sistemas:

- Organossolo Mésico e Espodossolo Hidromórfico ou não.
- Espodossolo e Neossolo Quartzarênico eventualmente espódico.
- Neossolo Quartzarênico e Neossolo Quartzarênico eventualmente espódico.

O *Domínio Litodependente* inclui dois sistemas:

- Neossolo Litólico Arenoso
- Neossolo Litólico

Além dos domínios e sistemas de solos foram classificados e separados os Afloramentos de rocha da Formação Sopa-Brumadinho e os Depósitos Recentes.

A análise do mapa revela que a distribuição dos solos delimita dois grandes compartimentos. Um primeiro que ocupa a parte do terço inferior da bacia do alto Rio Preto e que se estende até a bacia do baixo Rio Preto, sendo denominado Compartimento de Jusante. E o segundo que ocupa a maior parte do setor da bacia do alto Rio Preto e que será denominado de Compartimento de Montante. O Compartimento Jusante é dominado pelo Domínio Laterítico. Apenas alguns solos dos sistemas Encouraçado e Latossólico Amarelo aparecem no Compartimento de Montante. Neste, compartimento dominam os afloramentos de rocha e o Sistema Espodossolo e Neossolo Quartzarênico eventualmente espódico

→ **Sistemas Encouraçado e Latossólico com Nódulos do Compartimento de Jusante**

O Sistema Encouraçado assenta-se sobre quartzito micáceo e sericita filitos, e também sobre cobertura elúvio-coluvionar. Distribui-se, predominantemente, no Compartimento de Jusante situado nas cotas altimétrica entre 800 e 900 m.

Esse sistema ocupa a borda das chapadas entre os sistemas Latossólico com nódulos e o Argílico com nódulos. Sua maior extensão ocorre nas vertentes situadas no flanco oeste. Tal fato deve-se a maior dissecação das vertentes situadas no leste da bacia, nas quais a couraça ferruginosa ocupa uma estreita faixa da borda das chapadas. O sistema encouraçado passa gradualmente ao Sistema Latossólico com nódulos, seguindo a diminuição da declividade da encosta até atingir o topo das chapadas. Essa passagem gradual mostra que a couraça aflora nas bordas devido a instalação da drenagem que incidiu a chapada indicando, portanto, que tanto o Sistema latossólico com nódulos como o Sistema Encouraçado estão em concordância com a topografia plana das chapadas. Não se sabe, entretanto, se o encouraçamento se estende abaixo dos solos latossólicos da chapada.

O Sistema Latossólico com nódulos está sobre quartzito micáceo e sericita filitos e sobre metabasitos xistificados ou não. Esse sistema ocorre nos topos das chapadas e ocupa grande extensão nas altitudes que variam entre 900 e 1100 metros assim como as couraças ocupam, principalmente, a parte situada no oeste da bacia. No setor localizado no leste ocorrem em uma estreita faixa interrompida

pelo aparecimento de solos litólicos ligados a declividades mais elevadas. Os nódulos presentes nos latossolos desse Sistema são similares aos encontrados nos horizontes superiores da couraça e que resultam da sua degradação e evolução.

O Sistema Argílico com nódulos ocorrem nos relevos intermediários de morros, entre as encostas ocupadas pelas couraças e as várzeas dos rios, no Compartimento Jusante. A transição desse Sistema com o Encouraçado se dá por uma topografia declivosa representada por anfiteatros suspensos, encostas retilinizadas, contendo solos litólicos (não mapeados nesta escala de trabalho), seguindo a ampliação da dissecação das vertentes da borda da chapada. Esses morros são, portanto, discordantes com a topografia plana e com as bordas da chapada. Estão nos níveis altimétricos localizados entre 700 e 800 m e declividades que não ultrapassam 20%. Está sobre quartzitos micáceos e sericita filito e metabasitos xistificados ou não. O Sistema Argílico com nódulos ocupa grande parte do Domínio Laterítico sendo que no flanco leste sua distribuição é mais representativa e encontram-se situados entre 700 e 1000 metros de altitude, na mesma faixa de declividade da borda oeste. Os nódulos presentes nos Argissolos são similares aos encontrados nos latossolos.

→ **Sistemas Encouraçado e Latossólico Amarelo do Compartimento de Montante**

O Sistema Encouraçado limita-se a duas posições na Bacia do alto Rio Preto: uma pequena área no divisor de águas entre as bacias dos rios Preto e Vau das Éguas e no S – SE da Bacia do alto Rio Preto (FIGURA 33). Estão localizadas nas altitudes entre 1100 - 1700 m em declives que variam de < 3 a 10%. São relíquias da couraça que se encontram aflorantes, como no Morro Redondo a 1680 m (FOTO 7), ou aflorante na superfície, mas dentro de um solo muito arenoso a 1430 m de altitude, aproximadamente, e declive de 10 a 20%. Na parte noroeste, próximo a Serra Mata dos Criolos entre as altitudes de 1000 e 1200 metros com declividades entre 5 a 10%, ocorre uma pequena mancha de relíquias de couraça (FIGURA 33).

FOTO 7. Sul da Bacia do Rio Preto, antes da entrada do Parque Estadual do Rio Preto. Observa-se ao fundo o Morro Redondo e no primeiro plano, manchas de areia branca, que marcam o caminho da estrada de terra.

Essas manchas esparsas do Sistema Encouraçado estão situadas em altitudes maiores do que as do Compartimento de Jusante. Embora a diferença de altitude seja significativa as feições das couraças se assemelham o que permite inferir que estas podem estar relacionadas a um mesmo período de formação, indicando, portanto, que a couraça era mais extensa e atingia o Compartimento de Montante da Bacia do Rio Preto. Tal fato levanta a questão sobre a razão de se ter uma mesma couraça em diferentes altitudes. Pode-se inferir a partir disso que houve o abaulamento da parte jusante ou o soerguimento da parte de montante, ou mesmo que a superfície original na qual se desenvolveu a couraça tivesse uma inclinação significativa em direção de NE.

Os solos que fazem parte do Sistema Latossólico Amarelo estão distribuídos em colinas amplas ou distribuem-se nas ombreiras dos espigões que descem dos interflúvios e que limitam a Bacia do alto Rio Preto. Compõem uma topossequência de solos com Cambissolo Háplico distribuído do topo até a média encosta, com Latossolo Amarelo empobrecido em argila, em processo de podzolização contendo horizontes AE; Bhs; B1/Bs; B/IIC; Bh; Bh/IIC, sem horizonte E, do terço médio da média encosta ao início da baixa encosta, e com podzol na baixa encosta. O Cambissolo Háplico formou-se a partir da alteração e pedogênese de depósitos de

encosta recentes, contendo restos de couraça e fragmentos de rocha. Enquanto o latossolo desenvolveu-se sobre a rocha in situ (Michelon, 2010). Aquino (a publicar) registrou que a deposição dos sedimentos de origem do Cambissolo Háplico iniciou-se a 95.000 e terminou a 4.500 anos e que no Latossolo Amarelo as matérias orgânicas mais antigas estão acima de 72.400 anos e as mais recentes são de 1434 anos. Portanto, os solos da topossequência são recentes.

→ **Sistema Litodependente e Depósitos Recentes do Compartimento de Jusante da Bacia do Rio Preto**

O Sistema Litodependente assenta-se sobre quartzito micáceo e sericita filito e metabasitos xistificados ou não, ligados ao Supergrupo Espinhaço. São neossolos litólicos associados a declividades acentuadas no leste da bacia, especialmente estão bem distribuídos e mantêm estreita ligação com o substrato rochoso entre altitudes que variam de 700 a 1000 m e declividades que não ultrapassam 20%.

Os depósitos recentes encontram-se distribuídos em grande parte do setor jusante da bacia. Estes depósitos acompanham os principais rios da região, assim como toda a extensão do Rio Preto. São formados por materiais grosseiros como cascalhos de milimétricos a centimétricos, seixos de quartzo de diferentes tamanhos, blocos de quartzo e areias brancas (FOTO 8).

FOTO 8. A) Depósitos de seixos e cascalhos, próximo ao Rio Preto, no setor médio da bacia B) Seixos e cascalhos de diferentes tamanhos acompanham o leito do Rio Preto, no setor médio da bacia C) Depósitos de areia branca, no Rio Preto, setor de Montante D) Depósitos de areia e cascalho centimétricos, setor de montante.

→ Sistema Podzolizado do Compartimento de Montante da Bacia do Rio Preto

Neste sistema dominam os Espodossolos e Neossolo Quartzârenico, eventualmente espódico, associado ao quartzito de grão fino a médio discretamente micáceo entre as altitudes de 900 a 1500 m e declividades inferiores a 10%, em áreas relativamente aplainadas.

Nas áreas de cabeceiras de drenagem em zonas deprimidas e embrejadas em superfícies aplainadas do setor de montante, nestes ambientes saturados, de altitude entre 1300 e 1600 e declividades inferiores a 10%, aparecem Organossolo Mésico e Espodossolo Hidromórfico ou não, ligados aos quartzitos de grão fino a médio discretamente micáceo contendo lamina de óxidos de ferro e exibindo estratificação cruzada tabular de médio porte, da Formação Sopa-Brumadinho.

Nas proximidades da Cidade de Alecrim ocorrem manchas de Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Quartzarênicos, eventualmente espódicos, associados

ao quartzito micáceo e sericita fílitos e sobre metabasitos xistificados ou não do Supergrupo Espinhaço, em altitudes que variam de 700 e 1000 m e declividades < 3 a 10%.

O Sistema Podzolizado, assim como o litodependente, aparecem com maior frequência na montante da bacia. Os solos do setor de montante têm uma distribuição muito particular, são muito diferentes daqueles encontrados para o setor situado a jusante da bacia, excetuando o Neossolo Quartzarênicos, Neossolo Quartzarênicos eventualmente espódicos e o Neossolo Litólico.

De fato, a hipsometria marca uma discordância topográfica entre o setor situado no terço médio/inferior do alto curso com o terço superior do médio curso. Essa discordância é marcada por uma falha de empurrão de grande extensão na qual corre paralelamente o Córrego Vau da Éguas.

Assim, os domínios de solos aparecem bem distribuídos do setor de montante.

→ Sistema Litodependente e Afloramentos do Compartimento de Montante da Bacia do Rio Preto

O Sistema Litodependente do compartimento de montante, formado por Neossolo Litólico Arenoso, associado e assentado sobre quartzito de grão fino a médio discretamente micáceo, da formação Sopa Brumadinho, ocorre em relevo de pouca dissecação, oscilando de plano a ondulado e onde as altimetrias variam de 1000 a 1600 m, predominando declividades entre 3 e 10 %. Somente no leste, no divisor da bacia, no limite dos compartimentos de montante e jusante, encontram-se declividades que atingem 25%.

Os afloramento de rocha de composição quartzítica da Formação Sopa-Brumadinho apresentam grande distribuição, têm ocorrência ao longo dos rios formando lajeados nos trechos encachoeirados, aparecem como maciços rochosos com feições de dissolução e cristas quartzíticas de aspecto ruiniforme. Estes relevos de aspecto ruiniforme podem ser comparados a um carste, devido a proporção de feições de dissolução encontradas nestas áreas, como por exemplo, ninho de

abelha (FOTO 9), lapiás (FOTO 10), gruta e cavernas as (FOTO 11 e 12), e estruturas em Kamenitza (FOTO 13).

FOTO 9. A e B rochas quartzíticas com aspecto de “Ninhos de Abelha”

FOTO 10. A e B lapiás horizontais, na foto B podemos observar um plano de inclinação, provável falha na estrutura da rocha, onde a água percorre um caminho preferencial.

FOTO 11. A) Caverna “Labirinto de Zeus” esculpida nos quartzitos da bacia do Rio Preto, B) Paredão rochoso apresentando aspecto ruíniforme, observe as diferentes orientações da estrutura e entrada de uma pequena caverna, representada pelo círculo em vermelho.

FOTO 12. A) Entrada de uma gruta, montante do Rio preto B) Aspecto do interior da caverna, caminho preferencial da água, formando pequenas marmitas interligadas, representada pelo traço em vermelho.

FIGURA 13. A) Formas do tipo Kamenitza com ocupação de vegetação, B) Fratura no quartzito

4.3.3 Evolução pedológica da Bacia do Rio Preto

A couraça ferruginosa laterítica na Bacia do Rio Preto cobria uma maior extensão desta bacia. Sua distribuição revelou que ela existia tanto no Compartimento de Jusante como no de Montante e que se localizava em altimetrias variáveis. No Compartimento de Jusante, ela é mais preservada do que no de Montante.

No Compartimento de Jusante a transição gradual entre a couraça e o latossolo com nódulos e a similaridade entre os nódulos e as relíquias de couraça que aparecem dentro dos latossolos com os da couraça indica uma forte relação entre os dois: possivelmente, pelo menos parte destes latossolos teve como material de origem a própria couraça ferruginosa.

Uma fase erosiva, visualizada pela incisão da drenagem, que expôs a couraça entalhou a chapada formando um conjunto de relevo de morros, que se encontram ao longo do vale do Rio Preto e sobre os quais desenvolveram-se os argissolos, no Compartimento de Jusante. Esses morros e os argissolos estão embutidos nos Sistemas Latossólico com nódulos e Encouraçado e são discordantes com a topografia das chapadas, revelando que a couraça e os latossolos são anteriores à formação dos argissolos.

No Compartimento de Montante, as couraças são restritas a alguns topos e os afloramentos de rocha são contínuos e abundantes, enquanto o Sistema Latossólico Amarelo é mais recente e de distribuição restrita às colina baixas e ombreiras dos espigões. A Bacia do Córrego Vau da Éguas raramente apresenta latossolos. Nela ocorrem alguns litólicos e espodossolos em menor concentração quando comparados aos da Bacia do alto Rio Preto. Portanto, a Bacia do Córrego Vau das Éguas, afluente do Rio Preto, representa o esvaziamento de materiais aí presentes, enquanto a do Rio Preto conserva e/ou mantém uma maior variedade de solos, indicando portanto, uma dissimetria entre as duas bacias quanto à distribuição dos solos. Tal configuração contrasta com a configuração do Compartimento de Jusante. A grande extensão de afloramentos de rocha em relação com à distribuição dos solos revela que a Bacia do alto Rio Preto foi esvaziada por erosão. Manteve na alta bacia, portanto, apenas as relíquias da couraça.

Este mesmo evento erosivo pode ter exposto os afloramentos de rocha com feições de dissolução. Essas formas cársticas, provavelmente, desenvolveram-se sob a couraça. As feições de dissolução foram produzidas através da percolação da água em juntas e fraturas do quartzito. Assim, quando do evento de esvaziamento por erosão essas formas foram exumadas.

A formação da couraça ferruginosa parece ter sido o evento pedogenético mais antigo a deixar suas relíquias na paisagem atual. Se houve um outro mais antigo não se pode precisar com este trabalho. Uma cronologia relativa é, portanto, possível de ser estabelecida a partir dos dados e interpretações propostas:

1. formação da couraça ferruginosa laterítica
2. latossolização – formação dos latossolos com nódulos e fragmentos de couraça;
3. formação dos argissolos;
4. formação de organossolos e latossolização – formação dos Latossolos Amarelos;
5. podzolização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos para esta pesquisa, foram realizadas análises da rede de drenagem, que revelaram ser instrumentos eficientes na investigação do papel da tectônica na Bacia do Rio Preto.

O estudo dos parâmetros morfométricos permitiu avaliar que a Bacia do Rio Preto sofre grande controle das estruturas presentes na rocha e da tectônica recente, dada a abundância de indicadores como: anomalias da rede de drenagem, de basculamento (caracterizados pelos valores do fator de assimetria encontrados para a bacia e em grande parte das micro e sub-bacias), de padrão de drenagem e dos lineamentos de drenagem.

Para a realização desta pesquisa, diferentes materiais cartográficos foram elaborados com o objetivo de entender a evolução e distribuição do relevo e dos solos. A partir da análise desses materiais foi possível constatar que:

- a rede de drenagem apresenta forte controle estrutural e da tectônica representada pelos canais retilíneos, cotovelos de drenagem, curvas anômalas e arcos.
- a estrutura e a litologia exercem grande influência na espacialidade das formas e feições do relevo na Bacia do Rio Preto.
- a presença de feições escarpadas nos interflúvios, provavelmente ligadas ao basculamento da bacia, indicam forte controle estrutural e da tectônica, assim como feições em forma de cristas e facetas trapezoidais.
- as direções preferencias dos lineamentos de relevo (NNW – SSE), correspondem ao alinhamento geral da Serra do Espinhaço Meridional, destacando o forte controle estrutural imposto pelo relevo regional.
- a pesquisa permitiu concluir que a couraça ocupava grande extensão, de montante à foz da Bacia do Rio Preto.
- dentre as diversas formas e feições encontradas na Bacia do Rio Preto algumas se destacam pela sua particularidade, os *afloramentos de rocha e vertentes*

ravinadas. Os *afloramentos* e *lajeados* apresentam relevos ruiformes, característicos de processos cársticos sobre rochas siliciclásticas. Essas feições parecem ter ligação com a couraça que cobria toda montante da bacia e com o provável esvaziamento por erosão ocorrido, principalmente, na Bacia do Córrego Vau da Éguas, onde os afloramentos rochosos têm maior representatividade. As *vertentes ravinadas*, do setor de montante, ligadas aos micro canais temporários de drenagem, promovem intensa dissecação das Chapadas.

- a distribuição dos solos permitiu inferir aos menos duas fases erosivas, ligadas a eventos tectônicos: uma primeira fase ligada ao esvaziamento por erosão que expôs os relevos ruiformes e o desenvolvimento de solos mais recentes, que contrastam com o setor de jusante. E outra ligada à incisão da drenagem no setor de jusante expondo a couraça e entalhando a chapada, promovendo o desenvolvimento do relevo de morros, onde se desenvolvem os argissolos. Estes, discordantes da topografia das chapadas.

É oportuno ressaltar que os conhecimentos adquiridos durante esta pesquisa promoveram um enriquecimento pessoal e profissional, já que a busca de informações através de descrições e análises e a transformações destas em conhecimento não é tarefa fácil.

Também é importante destacar os usos de ferramentas, como fotografias aéreas e de softwares especializados na produção de mapas e análises geoespaciais, que promoveram grande aprendizagem e poderão ser implementadas em âmbito escolar. Essa preocupação é comum a todo educador, pois é generalizada a constatação da imensa dificuldade do aluno em entender e abstrair a disposição dos elementos nos mapas que se amplia, quando apresentados aos mapas de relevo. Assim, o uso destas ferramentas em âmbito escolar possibilitariam, além do aprendizado, que os próprios alunos produzissem e interpretassem os documentos cartográficos.

6. BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. A. de. **Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação**. Tese de Livre Docência-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

AQUINO, A; MICHELON, C R; BEATO, D. **Superfícies Geomorfológicas na Serra do Espinhaço Meridional-MG**. Trabalho apresentado Seminário de Pós-graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro. pág. 74-86. Nov de 2009.

ALCÂNTARA E. H. AMORIM A. DE J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia** 7(14) Fevereiro/2005.

ALMEIDA.L.G, CASTRO, P de T. A, FONSECA, M.A & I. **O Grupo Sabará no sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero: uma revisão estratigráfica**. Revista Brasileira de Geociências. 35 (2): 177-186. junho.2006.

ALMEIDA ABREU, P.A. **A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil**. - Tese de Doutorado, Univ. Freiburg/Alemanha, 150 p.1993.

ALMEIDA-ABREU, P. A. A. **O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno**. Geonomos 3 (1): 1-18.1995

ALMEIDA-ABREU P. A. A; RINGER, F. E. **Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozoico**. Revista Brasileira de Geociências, 31(1), pp. 1-14.2002.

BIGARELLA J.J; BECKER, D.R; SANTOS G. F dos. **Estrutura e Origem da Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol I Fundamentos geológicos- geográficos, Alteração química e física das rochas, Relevo cárstico e dômico. Editora da UFSC. 2ª Edição. Florianópolis. 2007.

BOULET, R.; CHAUVEL, R.; LUCAS Y. **Les systemes de transformation en pedologie**. In: **Livre Jubilaire du Cinquantenaire - Association Française pour l'Etude du Sol**, Paris, Ed. CNRS, INRA, ORSTOM, MIDIST, p. 167 – 179, 1984.

CAILLEUX, A. & TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. *Ann. de Géogr.*, 65, 1956.

CAMPOS, A. B. **Análise morfoestrutural e Cartografia Geomofológica da bacia do Rio Candonga - Zona do alto São Francisco - Arcos/MG**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. (1969) - "Análise morfométrica das bacias hidrográficas" . **Notícia Geomorfológica**, 9 (18), Campinas, p. 35-64.

CHRISTOFOLETTI, A. (1970) - "Análise hipsométrica de bacias de drenagem". **Noticia Geomorfológica**, 10 (19), Campinas, p. 68-76.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**, n. 18, p. 130- 132, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. Variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Noticia Geomorfológica**. v.21 n.42. p.3-22. 1981.

CHRISTOFOLETTI, A (1976). Geomorfologia hidráulica. **Noticia Geomorfológica**, São Paulo, 16 (32):3-37.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**, 4(8: 23-42, Outubro/1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Densidade de Rios e de Segmentos. **Noticias Geomorfológica**. Campinas, 18(35), julho/1978.

COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. **Mapa Geológico Folha Carbonita, Minas Gerais.** Projeto Espinhaço Brasil. 1996.

COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. **Mapa geológico Folha Rio Vermelho, Minas Gerais.** Projeto Espinhaço. Brasil. 1996.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto APA Sul RMBH: Estudos do Meio Físico. Geologia.** Silva, Sérgio L. (Org.), Monteiro, Eduardo A. Baltazar, Orivaldo F. Zucchetti, Márcia - Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, Vol 1. 2005.

DOSSIN, I.A, DUSSIN, T. M & CHAVES, M. L. de S.C. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais- Os Grupos Diamantina e Conselheiro Mata. **Revista Brasileira de Geociências.** 20 (1-4): 178-186, março/dezembro, 1990.

DOSSIN, I.A, UHLEIN, A & DUSSIN, T. M. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção Meridional – Minas gerais. In: **SBG. Cong. Bras. Geol**, Atas 7, p.3118-3132. 1984.

DUSSIN I. A & DUSSIN T. A. M. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, 3: 19-26. 1995.

França G.V. Dematte J . A . M . **Parâmetros da rede de drenagem de solos da região de Iracemápolis (SP).** An. ESALQ, Piracicaba, 47 (parte 2), 1990.

FILHO, C, V M. Vegetação. In SILVA, A.C; PEDREIRA, L.C.V.S.F & ABREU, P.A.A (Eds.). **Serra do Espinhaço Meridional: paisagens e ambientes.** Editora: O Lutador. Belo Horizonte, p.119-136. 2005.

FILHO A.F, LIMA E.F de. Considerações Morfométricas da Bacia do rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 19 (1): 65-80, jun. 2007

FOGAÇA, A. C. C.; ALMEIDA ABREU, P. A. & SCHORSCHER, H. D. Estratigrafia da sequência supracrustal arqueana na porção mediana central da Serra do Espinhaço-MG. In: **Cong.Bras. Geol**, 33, Atas 6, p. . 2654-2667. 1984

FOGAÇA, A.C.C & SCHÖLL, W.U. Estratigrafia e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da regiões de Guinda e Gouveia, Minas Gerais, In **SBG, Cong.Bras. Geol**, 33, Atas 6, p.2638-2653. 1984.

FONSÊCA, D. N; CORRÊA, A. C B. Análise Morfoestrutural Aplicada a Bacia do Rio Preto. Serra do Espinhaço Meridional-MG. **Sinageo- Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Recife, setembro de 2010

FORESTO, E. B. **Levantamento florístico dos estratos arbustivos e arbóreo de uma mata de galeria em meio a campos rupestres no parque Estadual do Rio Preto, São Gonçalo do Rio Preto, MG**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Botânica. Dissertação de Mestrado. 2008.

GALBIATTI, H,F. **Ruptura Oblíqua condicionada por falha transcorrente na cava a céu aberto da Mina do Cauê, Itabira- MG**. Departamento de Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Ouro Preto. 2006.

GONTIJO, A. H. F. **O relevo da Serra do Cipó – MG: Espinhaço Meridional**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993

HIRUMA, S. T. PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfológicos na área do alto Rio Pardo. SP. MG. **Revista IG**. São Paulo, 15(1/2), Janeiro/Dezembro, 1994.

HIRUMA, S. T. RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do planalto de Campos de Jordão. **Revista IG**. São Paulo, 20(1/2), Janeiro/Dezembro, 1999.

HOWARD, A. D. (1967) Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **American Association of Petroleum Geology Bulletin**, Tulsa, v. 51, n. 11, p 2246-2259.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Topográfica. Folha Rio Vermelho**. Folha SE-23-Z-B-I Esc. 1:100.000. 1992. (2ª edição)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta Topográfica. Folha Carbonita**. SE-23-X-D-VI, Esc. 1:100.000. 1977.

INMET (2002). www.agritempo.gov.br/agroclima/sumário. Acesso em maio de 2006.

KING, Lester. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Rev. Bras. Geogr.**, 18 (2), 1956.

KNAUER, L.G O supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: Considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, 15 (1), 2007.

KNAUER, L. G. **Evolução Geológica do Pré-Cambriano da porção centro-leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada**. Diss. Mestrado. Campinas. UNICAMP, Dept. Geoc., 298p. 1990.

LANA, C. E. ALVES, J. M. DE P. CASTRO P. DE T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG. Brasil. **Revista Escola de Minas** 54 nº 2 Ouro Preto Abril/Junho 2001.

MERCERJAKOV J.P. Les concepts de morphostruture et de morphoesculture: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique. **Annales de Geographie**, Paris, n.423, 1968.

MICHELON, C. ; BEATO, D. ; NASCIMENTO, Nádia Regina Do ; FERREIRA, R. P. D. ; AQUINO, A. ; SIRIO, G. N. . Formação de Horizontes Espódicos pela Recarga de Lençóis Suspensos em Solos Lateríticos Espinhaço Meridional MG - Brasil. In: **XVIII Congresso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo**, 2009, San José. XVIII Congresso Latinoamericano de La Ciencia Del Suelo. San José : XVIII CLACS, 2009. v. 1. p. 126-126.

MIRANDA, E.E de; (Coord) **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 11 de setembro de 2010.

MUNSELL, 1971. **Soil Color Charts**. Munsell color company, inc. Baltimore.

NASCIMENTO, N R do; BUENO, G. T; CORRÊA, A. C. de B. **Diferenciação de Paisagens Cársticas sobre rochas Siliciclásticas na Serra do Espinhaço Meridional – MG- Brasil**. Projeto apresentado a FAPESP. 2007

NASCIMENTO, N R DO; MICHELON, C, R; BUENO, G, T; FERREIRA, R, P. D; AQUINO, A; BEATO, D; DINIZ, A, D. Dinâmicas da Matéria Orgânica e do Lençol Freático Suspenso: evolução geomorfológica de uma paisagem podzolizada – Espinhaço Meridional –MG. Brasil. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**. Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

OLIVEIRA. D. Capturas fluviais como Evidências da Evolução do Relevo: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, 20. 2010

PFLUG R., RENGGER F. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Cráton Sanfranciscano. In: **SBG, Congresso Brasileiro de Geologia** 27, Aracajú, Anais, 2:5–19.1973

PRESSINOTTI, P. C YOCITERU, H; SILVA R. B. da; STEFANI, F.L; TRINDADE, M; COSTA, M. O. Análise de lineamentos na exploração mineral: aplicação no sudeste paulista. **Rev. IG**, São Paulo, 13(2), 17-29, jul./dez. 1992

RODET, J; RODET, M. J; WILLENS, L; POUCKET, A; NASCIMENTO, S. **Geoarqueologia do Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais, Brasil- Brésil**. Editions du CNEK. Centre Normand d'Etude Du Karst et dês Cavités du Sons- sol. Décembre, 2009.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo, **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, São Paulo, n.6, 1992.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SALAMUNI, E; EBERT, H. D; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, 34(4), dezembro de 2004

SALAMUNI E . **Neotectônica e Morfotectônica**. – Geologia - Universidade Federal do Paraná - UFPR - Disponível em:
www.geologia.ufpr.br/graduacao/neotectonica/aula5.pdf>. Acesso em : 01/08/2012

SIQUEIRA. J. D. P (Coord) **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Preto**. Relatório Final. Vol 1. Curitiba. Setembro, 2004.

SILVA, A.C. **Plano de Manejo do Parque de Biribiri (PEB) – Minas Gerais**. Diagnóstico e Avaliação Pedológica. Relatório Final. Março de 2004a

SILVA, A.C. **Plano de Manejo do Parque do Rio Preto (PRP) – Minas Gerais**. Diagnóstico e Avaliação Pedológica. Relatório Final. Março de 2004.b

SILVA, A.C. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Itambé (PIT) – Minas Gerais**. Diagnóstico e Avaliação Pedológica. Relatório Final. Abril de 2004.c

SILVA, M. M. Relatório TP1. **Fotointerpretação e Restituição da Rede de Drenagem, Morfologia e Ação Fluvial. Rio do Peixe e Ribeirão dos Órgãos – Bofete – SP**. 2008.

SILVA, S. L. (Org). **Projeto APA Sul RMBH**. Estudos do meio físico. Geologia , Volume 1. CPRM. Belo Horizonte. 2005.

SOARES, P.C; FIORI, A. P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. **Not. Geomorfológica**, Campinas, 16 (32), dezembro, 1976.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. **Geological Society of America Bulletin**, v.69, p.279-300, 1958.

UAGODA, R. **Reconhecimento Geomorfológico de Relevô Cárstico em Rochas Quartzíticas: bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, médio vale do Rio Paraíba do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. IGEO/PPGG. 2006.

UHLEIN, A., TROMPETTE, R & EGYDIO-SILVA, M. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. - **Geonomos** 3/1.1995.

Winge, M. *et. al.* **Glossário Geológico Ilustrado**. 2001. Disponível em <http://www.unb.br/ig/glossario/>. Acesso em 27 de março de 2011 .

ZERNITZ, E.R. Drainage Patterns and Their Significance. **The Journal of Geology** Vol. 40, No. 6 Aug - Sep, 1932.