



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

CAMPUS PLANALTINA

JOÃO PAULO SENA SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS DO RELEVO PARA A SUBDIVISÃO
FISIOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU**

PLANALTINA, DF

2013

JOÃO PAULO SENA SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS DO RELEVO PARA A SUBDIVISÃO
FISIOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Antônio Felipe Couto Júnior

PLANALTINA, DF

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Sena-Souza, João Paulo

Utilização de Parâmetros do Relevo para a Subdivisão Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu. / João Paulo Sena Souza. Planaltina – DF, 2013. 66 f.

Monografia – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharel em Gestão Ambiental

Orientador: Dr. Antônio Felipe Couto Júnior

1. Bacia de drenagem. 2. Elementos da paisagem. 3. Parâmetros morfométricos. 4. Mapa geomorfológico 5. Ordenamento territorial. I. Sena-Souza, João Paulo, II. Título

JOÃO PAULO SENA SOUZA

**UTILIZAÇÃO DE PARÂMETROS DO RELEVO PARA A SUBDIVISÃO
FISIOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina-DF, 01 de Março de 2013

Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Júnior – UnB/FUP
(Orientador)

Dr. Éder de Souza Martins – EMBRAPA Cerrados
(Examinador Externo)

Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior - UnB/GEA
(Examinador Interno)

**Dedico este trabalho à minha
família, em especial à Maria de Fátima
Sena Souza e Antônio Joaquim de Souza Neto,
amados pais, amigos, conselheiros e educadores.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Antônio Felipe Couto Júnior pela amizade, orientação, incentivos, ensinamentos e confiança depositada;

Ao Dr. Éder de Souza Martins pelas verdadeiras aulas e ensinamentos, pela paciência e incentivo profissional;

À Embrapa Cerrados, especialmente às pesquisadoras Adriana Reatto e Marisa Gomes, pela oportunidade de estágio e pelo conhecimento transmitido;

Ao CNPq, pelas bolsas de PIBITI e PIBIC e pelo financiamento do projeto GeoCerrado, que deu o suporte para a elaboração deste trabalho;

Aos amigos de Embrapa, em especial ao Alexandre Reis, Fábio Santos e Glauber Neves, pelos auxílios e conversas construtivas no ambiente de trabalho e ainda ao Vinícius Vasconcelos, pelas aulas e conselhos oferecidos.

Aos colegas do curso de Gestão Ambiental da Universidade de Brasília, especialmente aos amigos Fábio Santos, Adriana Alarcão, Kaio Graco, Elivaldo Titela, Ray Alves, Tiago Kisaka, *et al.* pela excelente convivência em todos esses anos;

Aos professores do curso de Gestão Ambiental, em especial ao professor Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira, por me apresentar o método científico e despertar em mim o gosto pela ciência;

Ao meu irmão Zé Mateus, pelas conversas sobre a vida, pelas aulas de matemática e paciência;

À linda Mayanna, pelo apoio, carinho e paciência durante esse período. Por estar sempre perto, mesmo estando longe;

À Natureza, pelos ensinamentos de humildade e sabedoria.

Meus sinceros agradecimentos!

“A dúvida é o princípio da sabedoria” **Aristóteles**

“A vida sem ciência é uma espécie de morte” **Sócrates**

RESUMO

Utilização de Parâmetros do Relevo para a Subdivisão Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu

A bacia hidrográfica do São Bartolomeu pertence à Ecorregião do Planalto Central e situa-se no Bioma Cerrado. Essa bacia tem expressão tanto agrícola quanto urbana e sua ocupação tem se dado de forma desordenada havendo a necessidade de informações cartográficas mais detalhadas para nortear o desenvolvimento de políticas públicas visando ao ordenamento territorial. Nesse enfoque, o estudo dos elementos da paisagem é essencial para este fim. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi mapear e caracterizar a paisagem, realizando a compartimentação geomorfológica e propondo uma subdivisão para a bacia hidrográfica do São Bartolomeu. Nesse estudo, foram utilizados dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM com resolução espacial de 90m. Parâmetros morfométricos foram extraídos desses dados e combinados em uma composição colorida RGB, onde a altimetria ocupou o canal do vermelho (R), a declividade, o canal do verde (G) e a curvatura mínima o azul (B). Com base nessa composição colorida, as unidades geomorfológicas foram mapeadas por meio de interpretação visual e vetorização digital. Após validação em campo o mapa final foi elaborado identificando as seguintes unidades geomorfológicas: Chapadas (23,6%), Frentes de Recuo Erosivo (17,7%), Rampas de Colúvio (23,7%), Depressões Dissecadas (30,8%), Mesas (2,2%), Cristas (0,4%), Colinas (0,1%) e Planícies fluviais (0,6%). O mapa de processos morfogenéticos baseado nessas unidades apresentou processos estáveis nas Chapadas, deposicionais nas Rampas de colúvio e Planícies Fluviais, e erosivas nas Frentes de Recuo Erosivo. As Depressões Dissecadas apresentam processos de deposição e de erosão. Com os compartimentos geomorfológicos identificados foi possível observar padrões na distribuição do relevo na bacia. Utilizando uma metodologia de delimitação de bacias hidrográficas baseada em um mapa de direção de fluxo e na definição de um exutório foi realizada uma subdivisão. Com a definição da foz do rio das subdivisões baseada em padrões geomorfológicos, foi possível identificar quatro subdivisões: Alto, Médio-alto, Médio e Baixo São Bartolomeu. Esta abordagem pode subsidiar políticas públicas de e gestão territorial e dos recursos hídricos, devido à sua simplicidade e eficiência.

Palavras-chave: bacia de drenagem, elementos da paisagem, parâmetros morfométricos, mapa geomorfológico, ordenamento territorial.

ABSTRACT

Use of Relief parameters for the physiographic subdivision of the of the São Bartolomeu watershed

The São Bartolomeu watershed belongs to Paraná basin and is located in the Central Plateau Ecoregion of the Cerrado. In its boundaries there are agriculture activities and urban occupation that should be compatibilized in order to arrange the landscape. Therefore, this study aimed to characterize the geomorphology of the of São Bartolomeu watershed. In this study, it was used altimetric data of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), with 90-meters spatial resolution. There were extracted morphometric parameters and combined in a color composite RGB, in which the red channel (R) represented the elevation, the green (G), slope, and blue channel (B), minimum curvature. This colored composition was used in screen visual interpretation and allowed the identification of the geomorphological units. After field validation, the final map was identified the Chapadas (23.6%), Erosive Fronts Retreat (17.7%), Ramps Colluvium (23.7%), Dissected Depressions (30.8 %), Tables (2.2%), Crests (0.4%), Hills (0.1%) and River Plains (0.6%). There was generated the morphogenetic processes map that evidenced stable processes in Chapadas, depositional in Colluvium Ramps and Fluvial Plains, and the erosive in Erosive Fronts Retreat. In the Dissected Depressions were identified deposition and erosion processes. Hereafter, it was applied a sub basin delineation method based on flow direction and outlet. The river mouth definition based on geomorphological patterns allowed the separation of four subdivisions: High, Medium-High, Medium and Low São Bartolomeu. The approach presented in this study integrate the geomorphological and hydrological information and should be used to subsidize public policies for land use and water resource management.

Keywords: watershed, landscape elements, morphometric parameters, geomorphological map, land management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das relações entre os elementos da paisagem	15
Figura 2. Organização da Monografia.....	16
Figura 3. Mapa de Localização e Municípios da Bacia do Rio São Bartolomeu	22
Figura 4. Mapa geológico simplificado da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado, CPRM (2008)	23
Figura 5. Esquema da relação entre os grupos geológicos existentes e as feições do relevo por meio de um perfil topográfico A-B na área de estudo.....	24
Figura 6. Hipsometria da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu	27
Figura 7. Esquema de Evolução Geomorfológica proposto por Martins <i>et al.</i> (2004)	29
Figura 8. Mapa de solos simplificado da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado: SIEG (2012).	30
Figura 9. Diferentes Fitofisionomias do Bioma Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 2008).	31
Figura 10. Fluxograma Metodológico.....	32
Figura 11. Mosaico SRTM para a bacia do São Bartolomeu	33
Figura 12. Principais etapas realizadas na delimitação da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado de Sobrinho, <i>et al.</i> , (2010).....	34
Figura 13. Parâmetros morfométricos derivados do MDE: Declividade (A), Aspecto (B), Curv. Mínima (C) e Relevo Sombreado (D)	35
Figura 14. Comparação entre RGB utilizando a Curvatura Mínima no canal do azul (A) e o Aspecto no canal do azul (B).....	35
Figura 15. Composição colorida (à esquerda) e vetores (polígonos) gerados com base nos padrões de cores da imagem.	36
Figura 16. Feições do relevo observadas em campo. A) Foto tirada de uma rampa de colúvio em direção a colina; B) Fotografia da depressão dissecada e frente de recuo erosivo do lado leste da bacia; C) Exemplo de uma Mesa cercada pela depressão dissecada; D) Vista da depressão dissecada a partir da barragem do Paranoá; E) Chapada no grupo Canastra, divisora da bacia de estudo com a do Rio Preto, afluente do rio São Francisco; F) foto sobre o domo de Cristalina com vista para a depressão dissecada com rampas de colúvio ao fundo.	38
Figura 17. Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu.....	40
Figura 18. Exemplo de concreção ferruginosa em borda de mesa	44
Figura 19. Mapa de processos morfogenéticos da bacia hidrográfica do São Bartolomeu.....	45
Figura 20. Localização e Altimetria da Bacia Hidrográfica do rio São Bartolomeu.	53
Figura 21. Processo simplificado de delimitação da bacia: A) Modelo Digital de Elevação com preenchimento das depressões; B) Direção do Fluxo; C) Fluxo Acumulado; D) Raster Drenagem; E) Vetor da Drenagem com ponto de exutório; F) Bacia delimitada.	55
Figura 22. Etapas da elaboração do mapa geomorfológico: - esquerda para direita - parâmetros morfométricos; composição colorida dos parâmetros morfométricos – altimetria (vermelho), declividade (verde) e curvatura mínima (azul); vetores (polígonos) gerados com base na composição colorida.	56
Figura 23. Mapa das Unidades Geomorfológicas com linhas arbitrárias separando padrões e exutórios.	57
Figura 24. Resultado da subdivisão da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu e padrões de geomorfológicos nas subdivisões: A) Alto; B) Médio-alto; C) Médio ; D) Baixo.	59
Figura 25. Histogramas de frequência de altimetria (esquerda) e declividade (direita) das subdivisões caracterizadas.....	59
Figura 26. Apresentação de Defesa da Monografia.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Chave para identificação de Unidades Geomorfológicas em composição colorida de dados altimétricos (R-Altimetria/G-Declividade/B-Curvatura Mínima).	37
Tabela 2. Níveis categóricos encontrados na bacia	39
Tabela 3. Histogramas de frequência dos parâmetros morfométricos nas principais unidades geomorfológicas mapeadas.....	41
Tabela 4. Porcentagem e unidades geomorfológicas presentes.....	45
Tabela 5. Estatística descritiva das subdivisões e da bacia do São Bartolomeu.....	58

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
SUMÁRIO.....	XI
CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL	12
1.1. INTRODUÇÃO	12
1.2. JUSTIFICATIVA	13
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. <i>Objetivo Geral</i>	13
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	13
1.4. GEOMORFOLOGIA E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS	13
1.5. RELEVO NA PAISAGEM	14
1.6. ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU, ESCALA 1:100.000	19
2.1. INTRODUÇÃO	19
2.2. ÁREA DE ESTUDO	21
2.2.1. <i>Geologia</i>	22
2.2.2. <i>Clima</i>	25
2.2.3. <i>Geomorfologia</i>	25
2.2.4. <i>Solos</i>	29
2.2.5. <i>Fitofisionomia</i>	31
2.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
2.3.1. <i>Aquisição e Processamento do Dado SRTM</i>	33
2.3.2. <i>Delimitação da Bacia de Drenagem</i>	34
2.3.3. <i>Composição Colorida dos Parâmetros Morfométricos</i>	34
2.3.4. <i>Elaboração do Mapa Geomorfológico</i>	36
2.3.5. <i>Validação do mapa em campo</i>	37
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
2.4.1. <i>Unidades Geomorfológicas</i>	39
2.4.2. <i>Processos Morfogenéticos</i>	44
2.5. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO 3 - UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS PARA A SUBDIVISÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NO CERRADO	51
3.1. INTRODUÇÃO	51
3.2. ÁREA DE ESTUDO	52
3.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
3.3.1. <i>Aquisição e tratamento do Modelo Digital de Elevação SRTM</i>	54
3.3.2. <i>Delimitação automática da bacia hidrográfica</i>	54
3.3.3. <i>Delimitação das unidades geomorfológicas para a subdivisão da bacia hidrográfica</i>	55
3.3.4. <i>Delimitação das subdivisões da bacia hidrográfica</i>	56
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.4.1. <i>Resultados Delimitação das unidades geomorfológicas e subdivisão da bacia hidrográfica</i>	56
3.5. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
4.1. PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS.....	63
4.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
4.3. APRESENTAÇÃO DE DEFESA DA MONOGRAFIA	65

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL

1.1. Introdução

A paisagem é composta por elementos que são organizados hierarquicamente em função do espaço e tempo (MARTINS *et al.*, 2004): clima, rocha, relevo, solo e organismos. Do ponto de vista humano, os processos relacionados ao clima e às rochas são os mais estáticos na paisagem. Por outro lado, o solo e os organismos possuem funções mais dinâmicas na paisagem. Entre esses elementos, o relevo destaca-se como a interface entre os elementos mais estáticos e dinâmicos da paisagem.

Deste modo, o relevo pode condicionar a distribuição espacial dos solos (VASCONCELOS *et al.*, 2012; MARTINS *et al.*, 2007; MOTTA *et al.*, 2002) e dos organismos (COUTO JUNIOR *et al.* 2010; BISPO *et al.*, 2010). Conseqüentemente, esse elemento mostra-se relevante para a compreensão da organização da paisagem e utilização dos recursos naturais.

A utilização desses recursos para a produção de alimentos e para a moradia são os principais fatores que alteram os atributos biofísicos naturais da terra (LAMBIN *et al.* 1999). O aumento da intensidade dessas modificações pode ocasionar conseqüências negativas ao ambiente natural, reduzindo a disponibilidade dos recursos naturais. Portanto, é indispensável o estudo do relevo como elemento formador da paisagem para o planejamento ambiental (NASCIMENTO & SOUZA, 2010).

A importância desses estudos estimulou o desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram a integração de dados referentes à superfície terrestre. Dentre esses avanços, destaca-se o Sensoriamento Remoto, que utiliza sensores orbitais para a obtenção das informações espectrais dos alvos terrestres e favorece a sistematização dos padrões espaciais, contribuindo para as pesquisas ambientais.

1.2. Justificativa

O Brasil é um país de tamanho continental com um grande potencial natural. O país abriga biomas que dão suporte à biodiversidade e a produção de alimentos, fazendo girar a economia. Dentre esses biomas está o Cerrado que é considerado a savana com maior heterogeneidade de paisagens do mundo. Além disso, o Cerrado é considerado um *hotspot*, ou área com grande biodiversidade e fragilidade concomitantemente. Tal fato ocorre devido às alterações antrópicas no ambiente natural de forma desordenada.

Muitas vezes, a falta de conhecimento sobre a paisagem dificulta o planejamento e a gestão dos recursos naturais. Portanto, existe a necessidade de estudos dessa natureza para dar subsídio ao conhecimento sobre os elementos da paisagem e, conseqüentemente, ajudar na gestão dos recursos naturais. A utilização de imagens oriundas de sensores orbitais mostra-se adequada para a realização de estudos ambientais, facilitando a compreensão sistemática da paisagem.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Caracterizar o relevo para propor uma subdivisão fisiográfica da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu por meio de dados orbitais.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Delimitar automaticamente a bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu a partir de dados orbitais;
- Realizar uma compartimentação geomorfológica da bacia;

1.4. Geomorfologia e Gestão de Recursos Naturais

O relevo constitui o objeto de estudo da geomorfologia. Guerra e Guerra (2008) conceituam a geomorfologia como a ciência que estuda as formas de relevo com linhas que estudam as características das rochas e o clima como fatores de formação do relevo. Ainda de

acordo com os autores, é uma ciência que estuda de forma sistemática o relevo no seu estado atual. Basicamente, o estudo geomorfológico considera a forma, a descrição, a gênese e a evolução do relevo (GUERRA e GUERRA, 2008).

A geomorfologia estuda a morfologia da topografia e a dinâmica da formação e estruturação do modelado terrestre. Esse modelado é considerado um condicionante das atividades entrópicas e organização espacial da sociedade (CHRISTOFOLETTI, 2011). As atividades agrícolas e evolução urbana são condicionadas pelas feições do relevo (COUTO JUNIOR, *et al.*, 2007). Portanto, a pesquisa aplicada em geomorfologia é fundamental para o direcionamento adequado do uso do solo. Além disso, atividades de lazer e turismo relacionados às belezas cênicas e a exploração de recursos naturais também dependem da distribuição espacial e características topográficas. Deste modo, os estudos geomorfológicos são inseridos no diagnóstico das condições do ambiente, com o objetivo de orientar a espacialização das atividades humanas. Portanto, tais estudos são indispensáveis nas atividades de gestão e planejamento relacionados às ações antrópicas em determinado território.

1.5. Relevo na Paisagem

A paisagem pode ser conceituada como um conjunto de elementos ambientais inter-relacionados no espaço. A análise da paisagem facilita a compreensão integrada dos fenômenos naturais e das relações entre a estrutura e a dinâmica ambiental. Essa abordagem conduz a estudos quantitativos que integram os elementos da paisagem em diversas escalas (MARTINS *et al.*, 2004).

A paisagem também pode ser classificada como um sistema integrado, demandando uma visão holística na sua análise. Tal sistema deve ser visto como o conjunto de fatores ambientais (rocha, clima, relevo, solo e organismos) interagindo no espaço e no tempo. A compreensão acerca da dinâmica desses fatores mostra o papel de cada um na dinâmica da

paisagem. Nesse contexto, a paisagem pode ser vista como uma propriedade emergente formada pela relação contínua de elementos que seguem uma hierarquia espacial e temporal. Essa hierarquia se refere à escala de cada elemento em relação aos demais. A Figura 1 apresenta uma sistematização da hierarquia da paisagem.

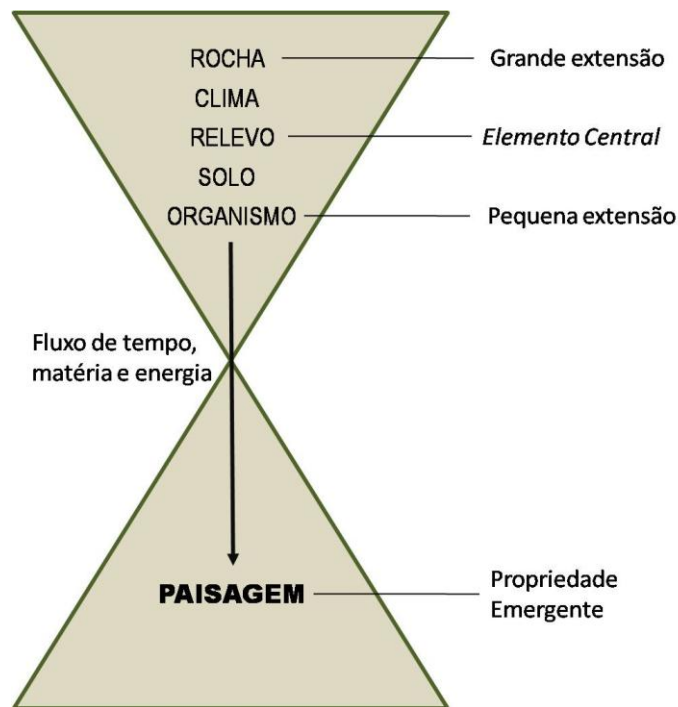


Figura 1. Esquema das relações entre os elementos da paisagem

Do ponto de vista humano, os processos relacionados ao clima e às rochas são os mais estáticos na paisagem. Por outro lado, o solo e os organismos possuem funções mais dinâmicas na paisagem. Entre esses elementos, o relevo destaca-se como a interface entre os elementos mais estáticos e dinâmicos da paisagem (Figura 1). Aparentemente, o relevo é um elemento estático do ponto de vista humano, porém ele está em constante processo de evolução, sempre interagindo com os demais componentes da paisagem em diferentes velocidades e escalas variadas.

1.6. Organização da Monografia

Esta monografia foi elaborada capítulos, os quais têm a forma de artigos, com o objetivo de facilitar a difusão do conhecimento científico (Figura 2).

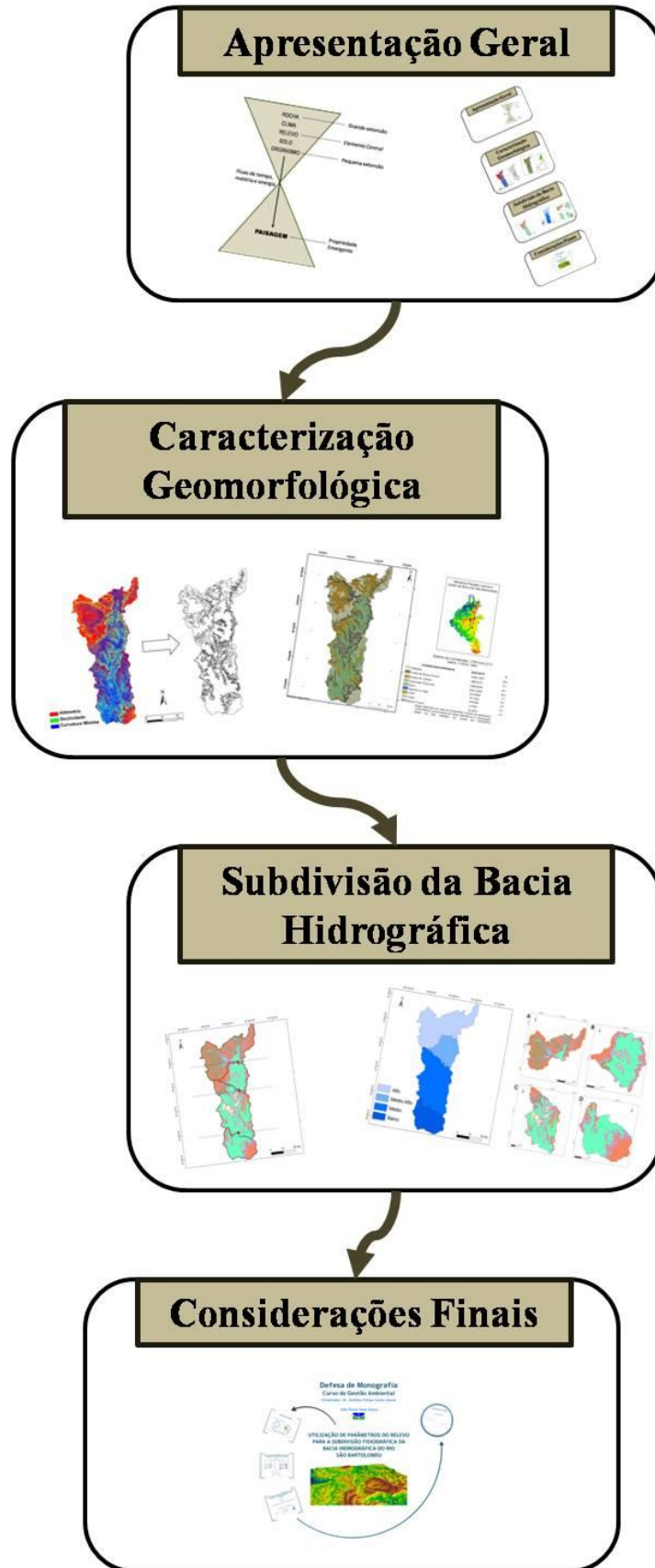


Figura 2. Organização da Monografia

Este capítulo (Capítulo 1) foi uma introdução ao tema central do trabalho. Foram apresentados alguns conceitos importantes como conceitos de paisagem, a contextualização do relevo na paisagem, e o conceito de geomorfologia. Foi ainda realizada uma contextualização do tema relação no Brasil, no Bioma e na ecorregião aos quais a área de estudo pertence.

Levando em consideração os conceitos apresentados, o primeiro artigo (Capítulo 2) apresenta as características da paisagem na bacia hidrográfica estudada. Mostra também uma metodologia para a compartimentação geomorfológica aplicada no Planalto Central, por meio de dados oriundos de um Modelo Digital de Elevação (MDE). O resultado principal do artigo é um mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu.

A elaboração do mapa geomorfológico é a base para a confecção do segundo artigo (Capítulo 3). Este mostra uma possibilidade de aplicação de informações geomorfológicas. Com base nos compartimentos geomorfológicos mostrados no primeiro artigo, foi feita uma proposta de subdivisão da bacia hidrográfica com o objetivo de definir unidades de gestão mais homogêneas do ponto de vista da paisagem, facilitando futuros processos de planejamento territorial e dos recursos hídricos.

Por fim, foram feitas algumas considerações finais (Capítulo 4) a respeito da monografia. Foram apresentadas considerações sobre a perspectiva do tema na gestão dos recursos naturais e propostas para futuros trabalhos sobre as relações do relevo com a paisagem no Cerrado.

Referências Bibliográficas

BISPO, P. C; VALERIANO, M. M; KUPLICH, T. M. Relação entre as variáveis morfométricas extraídas de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e a vegetação do Parque Nacional de Brasília. **Acta bot. bras.** v. 24, n. 1, p. 96-103. 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade Do Conhecimento Geomorfológico Nos Projetos De Planejamento. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Bertrand Brasil, ed. 11, v. 1, Cap 11, p. 415-441, 2011.

COUTO JUNIOR, A. F; SOUZA, V. V; CARVALHO JUNIOR, O. A; MARTINS, E. S; SANTANA, O. A; FRETAS, L. F; GOMES, R. A. T. Integração de Parâmetros Morfométricos e Imagemaster para a Delimitação das Fitofisionomias da Serrada Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 11, n. 1, 2010.

GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

MARTINS, E. S; CARVALHO JUNIOR, O. A; VASCONCELOS. V; COUTO JUNIOR, A. F; OLIVEIRA, S. N; GOMES, R. A. T; REATTO, A. Relação Solo-Relevo em Vertentes Assimétricas no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, nº 1, p. 45-62. 2007.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 33. 2004.

MOTTA, P. E. F; CARVALHO FILHO, A; KER. J. C; PEREIRA, N. R; CARVALHO JUNIOR, W; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 869-878, jun. 2002.

NASCIMENTO, M. D. e SOUZA, B. S. P. Mapeamento Geomorfológico da área abrangida pela carta topográfica de Santa Maria, RS como subsídio ao planejamento ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 11, n. 2, p. 83-90, 2010.

VASCONCELOS, V; CARVALHO JUNIOR, O. A; MARTINS, E. S; COUTO JUNIOR, A. F; GUIMARÃES, R. F; GOMES, R. A. T. Sistema de Classificação Geomorfométrica Baseado Em Uma Arquitetura Sequencial em Duas Etapas: Árvore de Decisão e Classificador Espectral, no Parque Nacional Serra Da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.171-186, 2012.

CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU, ESCALA 1:100.000

Resumo - O objetivo do presente artigo foi mapear e caracterizar a geomorfologia da bacia hidrográfica do São Bartolomeu. Nesse estudo, foram utilizados dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM com resolução espectral de 90m. Parâmetros morfométricos foram extraídos desses dados e combinados em uma composição colorida RGB, onde a altimetria ocupou o canal do vermelho (R), a declividade, o canal do verde (G) e a curvatura mínima o azul (B). Com base nessa composição colorida, as unidades do relevo foram mapeadas por meio de interpretação visual e vetorização digital. Após validação em campo o mapa final foi elaborado identificando as seguintes unidades geomorfológicas: Chapadas (23,6%), Frentes de Recuo Erosivo (17,7%), Rampas de Colúvio (23,7%), Depressões Dissecadas (30,8%), Mesas (2,2%), Cristas (0,4%), Colinas (0,1%) e Planícies fluviais (0,6%). O mapa de processos morfogenéticos baseado nessas unidades apresentou processos estáveis nas Chapadas, deposicionais nas Rampas de colúvio e Planícies Fluviais, e erosivas nas Frentes de Recuo Erosivo. As Depressões Dissecadas apresentam processos de deposição e de erosão.

Palavras-chave: bioma Cerrado, elementos da paisagem, parâmetros morfométricos, mapa geomorfológico.

GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SÃO BARTOLOMEU WATERSHED

Abstract - This study aimed to characterize the geomorphology of the São Bartolomeu watershed. It was used elevation data from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) with 90-meters spatial resolution. There were extracted morphometric parameters and combined in a color composite RGB, in which the red channel (R) represented the elevation, the green (G), slope, and blue channel (B), minimum curvature. This colored composition was used in screen visual interpretation and allowed the identification of the geomorphological units. After field validation, the final map was identified the Chapadas (23.6%), Erosive Fronts Retreat (17.7%), Ramps Colluvium (23.7%), Dissected Depressions (30.8 %), Tables (2.2%), Crests (0.4%), Hills (0.1%) and River Plains (0.6%). There was generated the morphogenetic processes map that evidenced stable processes in Chapadas, depositional in Colluvium Ramps and Fluvial Plains, and the erosive in Erosive Fronts Retreat. In the Dissected Depressions were identified deposition and erosion processes.

Keywords: Cerrado biome, landscape elements, morphometric parameters, geomorphological map,

2.1. Introdução

O Bioma Cerrado apresenta a maior biodiversidade e heterogeneidade de paisagens entre as savanas do mundo, em compensação vem sofrendo com a expansão agrícola e urbana (SILVA e BATES, 2002). Essa importante diversidade biológica atrelada ao uso indiscriminado de recursos naturais levou o Cerrado à lista dos 25 *hotspots* prioritários para a conservação ambiental (MYERS, MITTERMEIER, *et al.*, 2000). Além disso, é o segundo

maior bioma brasileiro com cerca de 2.000.000 km², abrangendo 24% do território nacional (IBGE, 2004). Essa abrangência reforça a importância de estudos sistemáticos sobre os diversos aspectos desse domínio, a fim de subsidiar políticas públicas e planejamentos futuros que visem à manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados.

A diversidade de paisagens no Cerrado impede que o planejamento regional seja realizado de forma homogênea. Assim, para facilitar a elaboração de políticas públicas em nível regional o Bioma Cerrado foi dividido em 22 Ecorregiões, cada uma delas com características geoambientais semelhantes (ARRUDA, *et al.*, 2008).

Entre as Ecorregiões do Cerrado mapeadas por Arruda *et al.* (2008) está o Planalto Central, que corresponde a 7,84% do bioma e encontra-se na região nuclear do mesmo. O Planalto Central é diferenciado por uma ampla diversidade geomorfológica, caracterizada pelas superfícies de aplainamento Sul Americana e Velhas (KING, 1956; BRAUN, 1971). A superfície Sul Americana está preservada na forma de chapadas, enquanto a Superfície Velhas, mais recente, formada pela dissecação regressiva da primeira superfície. Entre os remanescentes das superfícies aplainadas ocorrem depressões interplanálticas dissecadas com relevo acidentado (MOTTA, *et al.*, 2002).

Com o intuito de desenvolver estudos detalhados para compreender as grandes áreas como o Planalto Central, o presente trabalho se desenvolveu na bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, que tem grande representatividade geomorfológica e importância sócio-econômica e ambiental para esta ecorregião. A bacia está totalmente inserida na área da Região Integrada do Distrito Federal (DF) e Entorno (RIDE).

Desde a chegada da nova capital Federal, instalada dentro dos limites da bacia, a área vem sofrendo mudanças significativas no ambiente natural e antrópico. A população das cidades satélites e do entorno do DF cresceu 412% somente na década de 90. Além disso, a produção agrícola também aumentou nas últimas décadas. As principais culturas são de

milho, soja, feijão, tomate, algodão e pastagens artificiais nas áreas de relevo plano contínuo, com fruticulturas e horticolturas alojadas em terrenos menores. A bacia abriga desde agricultura de subsistência até grandes monoculturas. A irrigação do tipo pivô-central predomina nas áreas com disponibilidade hídrica, enquanto a agricultura de subsistência é cíclica, tal fato se deve à sazonalidade marcante da região (CPRM, EMBRAPA e SCO-MI, 2003).

Por outro lado, a bacia abriga importantes Unidades de Conservação, como o Parque Nacional de Brasília, o Jardim Botânico de Brasília, a Estação Ecológica de Águas Emendadas, além da Área de Proteção Ambiental do São Bartolomeu. Essas áreas ainda protegem a biodiversidade característica do Cerrado e mantêm a prestação dos serviços ambientais (ARRUDA, *et al.*, 2008).

Conhecer todos os elementos da paisagem e suas interações é essencial para o planejamento territorial. Segundo Martins *et al.* (2004), a paisagem é constituída pela relação entre rocha, clima, relevo, solo e organismo ao longo do tempo. O estudo de um elemento da paisagem se relaciona com o entendimento dos demais. Portanto, o objetivo do presente trabalho é caracterizar e mapear a geomorfologia da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu na escala 1:100.000 a fim de oferecer subsídio a trabalhos sobre outros elementos da paisagem na área e auxiliar políticas públicas de ordenamento territorial.

2.2. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu localiza-se entre as coordenadas 15°16'S - 16° 50'S e 47° 29'W - 48° 54'W. Abrange uma área de aproximadamente 2670 km² no Distrito Federal e 2810 km² no estado de Goiás, totalizando uma área de drenagem de 5480 km². A bacia faz parte dos seguintes municípios goianos: Formosa, Planaltina de Goiás, Valparaíso de Goiás, Cidade Ocidental, Luziânia e Cristalina, além de abranger grande parte

do Distrito Federal envolvendo cidades satélites importantes como Planaltina, Sobradinho, São Sebastião e Paranoá, além do Plano Piloto.

O Rio São Bartolomeu é formado pelos rios Pípiripau e Mestre d'Armas, nas proximidades de Planaltina, DF. A drenagem principal percorre aproximadamente 180 km predominantemente na direção N-S até desaguar no Rio Corumbá, onde divide os municípios de Luziânia e Cristalina, GO (Figura 3).

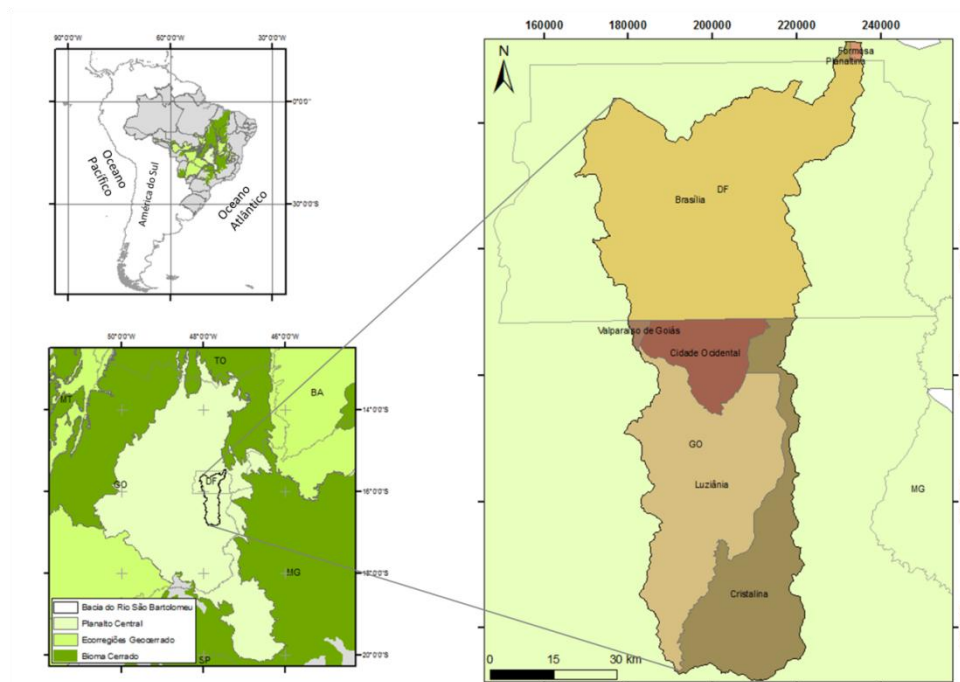


Figura 3. Mapa de Localização e Municípios da Bacia do Rio São Bartolomeu.

2.2.1. Geologia

A Bacia do São Bartolomeu está localizada na porção centro sul da Faixa de dobramentos Brasília. A geologia da região é formada principalmente por rochas metassedimentares dos grupos Paranoá e Canastra, os quais se encontram em contato tectônico (MARTINS, *et al.*, 2004) (Figura 4).

O Grupo Canastra é dividido em três formações: Serra do Landim, Paracatu e Chapada dos Pilões. Apenas as duas primeiras aparecem de forma representativa na área de estudo.

A Formação Serra do Landim localiza-se na região de Cristalina e Luziânia e é formada por sericita xisto, quartzo-sericita xisto, calcita-clorita-sericita xisto e quartzo-sericita-clorita xisto (SCISLEWSKI, *et al.*, 2003).

A Formação Paracatu encontra-se no Distrito Federal, à leste do Domo de Brasília. Apresenta rochas do tipo sericita-filitos, clorita filitos, quartzo-sericita-clorita-filitos, metarritmitos e filitos carbonosos (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998; MARTINS, *et al.*, 2004).

São rochas pouco resistentes ao intemperismo estando associadas à áreas de depressão dissecada em morros e vales encaixados.

O Grupo Paranoá está presente nas partes mais preservadas da bacia, representadas pelos domos e chapadas. As principais rochas são do tipo Metassiltito, presente na chapada do Pipiripau; Quartzito médio e Metarritmito Arenoso, presentes nos domos; e Ardósia, encontrada na depressão do Paranoá (FREITAS-SILVA e CAMPOS, 1998; MARTINS, *et al.*, 2004). São rochas mais resistentes à ação do intemperismo. Ambos os grupos são de idade meso-neoproterozóica.

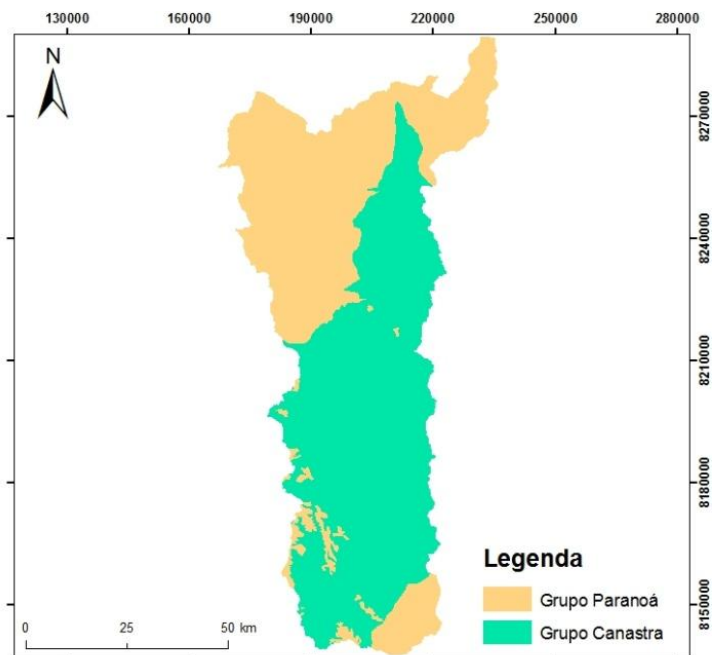


Figura 4. Mapa geológico simplificado da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado, CPRM (2008)

Observa-se uma forte relação entre os aspectos geológicos e geomorfológicos na bacia (Figura 5).

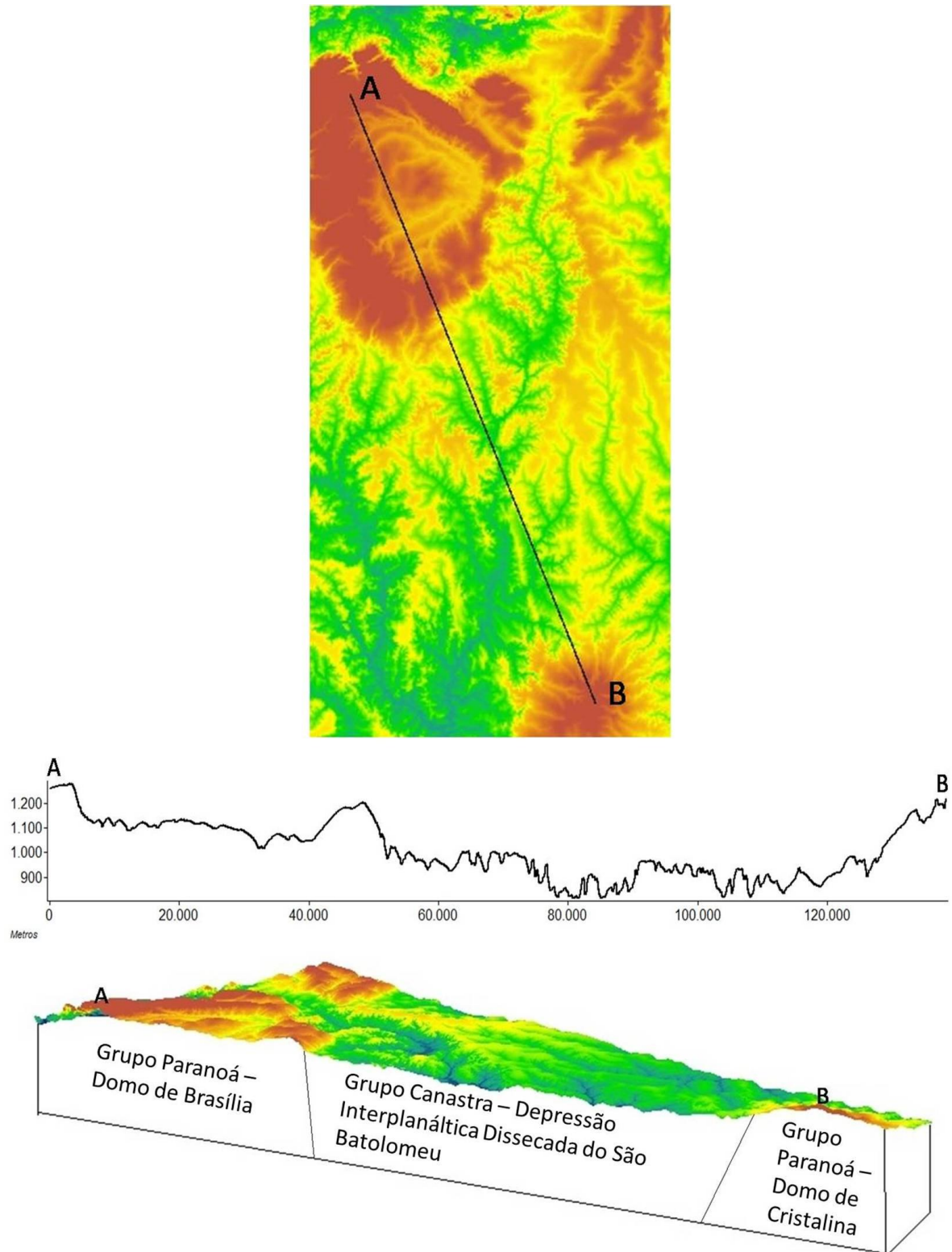


Figura 5. Esquema da relação entre os grupos geológicos existentes e as feições do relevo por meio de um perfil topográfico A-B na área de estudo.

2.2.2. Clima

A área se encontra no domínio morfoclimático do Cerrado, caracterizado por Ab'Saber (1977).

O clima na região da bacia do rio São Bartolomeu é caracterizado por uma sazonalidade intensa com chuvas concentradas entre os meses de outubro e abril. Enquadra-se como tropical úmido de savana com inverno seco (Aw), segundo a classificação de Köppen. Existe ainda uma variação local com clima tropical de altitude (Cwa e Cwb) nas porções mais elevadas da bacia.

A temperatura média anual é de 21-22 °C nas cotas mais altas e 20-21 °C nas porções mais baixas. A média anual da temperatura máxima oscila entre 27 e 28 °C enquanto a da mínima fica entre 16 e 17 °C em toda a bacia (SILVA *et al.*, 2008).

A precipitação média anual é de aproximadamente 1500 mm mal distribuídos entre os meses. Os meses de junho, julho e agosto atingem média mensal de apenas 50 mm, enquanto o mês de janeiro pode alcançar 320 mm de chuva (MARTINS, *et al.*, 2004).

A umidade relativa do ar é muito baixa nos meses de inverno, podendo atingir níveis inferiores a 15%.

2.2.3. Geomorfologia

A maioria dos trabalhos que caracterizam a geomorfologia na região da bacia hidrográfica do São Bartolomeu é referente ao Distrito Federal (DF). Estudos sobre a geomorfologia dessa bacia na porção do DF explicam os padrões geomorfológicos de toda a área de estudo, já que os padrões de relevo se mantêm na extensão goiana.

Martins (2000) e Steinke *et al.* (2007) elaboraram trabalhos apresentando os principais estudos geomorfológicos realizados no DF. Os principais trabalhos são relativos a CODEPLAN (1984), Novaes Pinto (1986), além do estudo realizado por Dantas (2003) referente à área da RIDE.

A compartimentação geomorfológica proposta por CODEPLAN (1984) separa a região em superfícies residuais de aplainamento e depressões interplanálticas dissecadas. Além disso, apresenta três tipos de escarpas: erosiva, adaptada e de falhamentos.

Novaes Pinto (1986) dividiu a paisagem da bacia na porção do DF em três macrounidades: região de chapadas, área de dissecação intermediária e região dissecada de vale.

Segundo Dantas (2003), a geomorfologia da área de estudo foi influenciada por diversos fatores, entre eles está o fator geológico-estrutural evidenciado pelo condicionamento das drenagens. O mesmo autor, baseado na proposta classificação do relevo de Ross (1992), divide a área nas seguintes unidades morfoesculturais: Planaltos Retocados, representados pelas chapadas elevadas do alto São Bartolomeu; Vales Encaixados, nas áreas de dissecação fluvial mais acentuadas; Domos Estruturais, representada pelo Domo de Cristalina no extremo sudeste da bacia.

Evolução Geomorfológica

A bacia hidrográfica do São Bartolomeu localiza-se no centro-leste do Planalto Central, onde ocorrem algumas das áreas mais elevadas dessa ecorregião. Segundo King (1956) e Braun (1971), essas regiões elevadas se desenvolveram entre o Terciário Inferior e Médio, período que corresponde ao ciclo de erosão Sulamericano e entre o Terciário Médio e Superior, correspondente ao ciclo de erosão Velhas (MARTINS, *et al.*, 2004).

Novaes Pinto (1986) caracterizou as superfícies de aplainamento da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu. Segundo a autora, houve um extenso aplainamento regional sobre rochas metamórficas dos grupos Araxá, Bambuí, Canastra e Paranoá. Tal aplainamento foi resultado de eventos morfoclimáticos que começaram no Cretáceo Superior. Nesses estudos foram identificadas superfícies residuais paleogênicas, com cotas maiores que 1100 metros de altitude, com topos aplainados e bordas protegidas da erosão por quartzitos e couraças

lateríticas. Em níveis topográficos menos elevados (1000 a 1100 metros de altitude) estão os remanescentes da superfície, sustentado por rochas menos resistentes ao intemperismo. Por último foi descrita a superfície inferior existente na bacia, com cota entre 800 e 1000 metros, representa as depressões com encaixe fluvial de idade pleistocênica. A figura 6 mostra a hipsometria da bacia ilustrando as superfícies citadas.

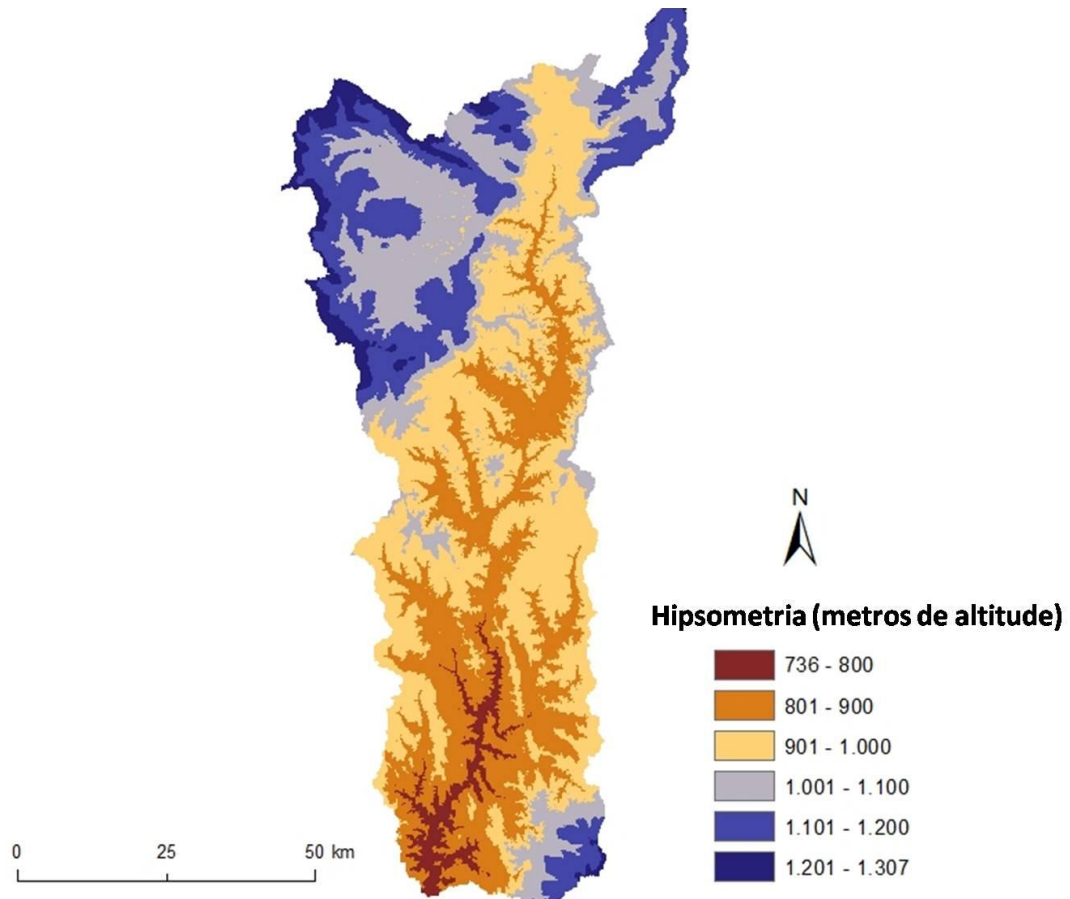


Figura 6. Hipsometria da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu.

Motta *et al.* (2002) relacionaram os solos com o relevo considerando três superfícies geomórficas em áreas do Planalto Central. A primeira superfície corresponde ao peneplano elaborado pelo ciclo de erosão Sul-americano cujos remanescentes constituem as chapadas atuais com pouca declividade e altitude mais elevada. A segunda superfície se estende em forma de plano inclinado a partir das bordas da primeira superfície em direção aos cursos

d'água. Corresponde a um pediplano pleistocênico de acomodação suave, acarretado pela dissecação da primeira superfície pelo ciclo de erosão Velhas. A terceira superfície é caracterizada por uma topografia mais acidentada que as anteriores, com predominância de relevos ondulado e forte-ondulado, corresponde às áreas de dissecação mais recente.

Com base na literatura, Martins *et al.* (2004) apresentam de forma sistematizada um modelo de evolução geomorfológica para a região do Distrito Federal, que se aplica a bacia do São Bartolomeu: A primeira etapa é a formação de superfícies desniveladas (Superfície Pós-Gondwana, Cretáceo Médio a Superior), com o desenvolvimento de uma superfície plana e desnivelada associada a clima árido e soerguimento regional, tendo quartzitos e metarritmitos preservando as regiões dômicas e ardósias e filitos nas porções mais rebaixadas. Em seguida, no Paleoceno a Mioceno Inferior, inicia-se a formação da superfície Sul-americana em condições climáticas úmidas e quentes, predominando o intemperismo químico e possibilitando a formação de couraças lateríticas entre o solo e o saprólito. No Mioceno Inferior, novamente em condições climáticas secas, houve um aprofundamento do nível de base da superfície Sul-americana causando o afloramento das couraças. Com elevada atividade biológica e em condições hidratadas, houve uma degradação da couraça e aprofundamento do saprólito no Plioceno. Já no Plioceno Superior, com intemperismo físico predominante, houve uma dissecação das superfícies residuais, com a formação de calhas por erosão e locais de sedimentação, formando as grandes rampas de colúvio. Por fim, no Quaternário ocorreram oscilações climáticas curtas com alternância entre processos erosivos atuantes das frentes de recuo e processos de pedogênese (Figura 7).

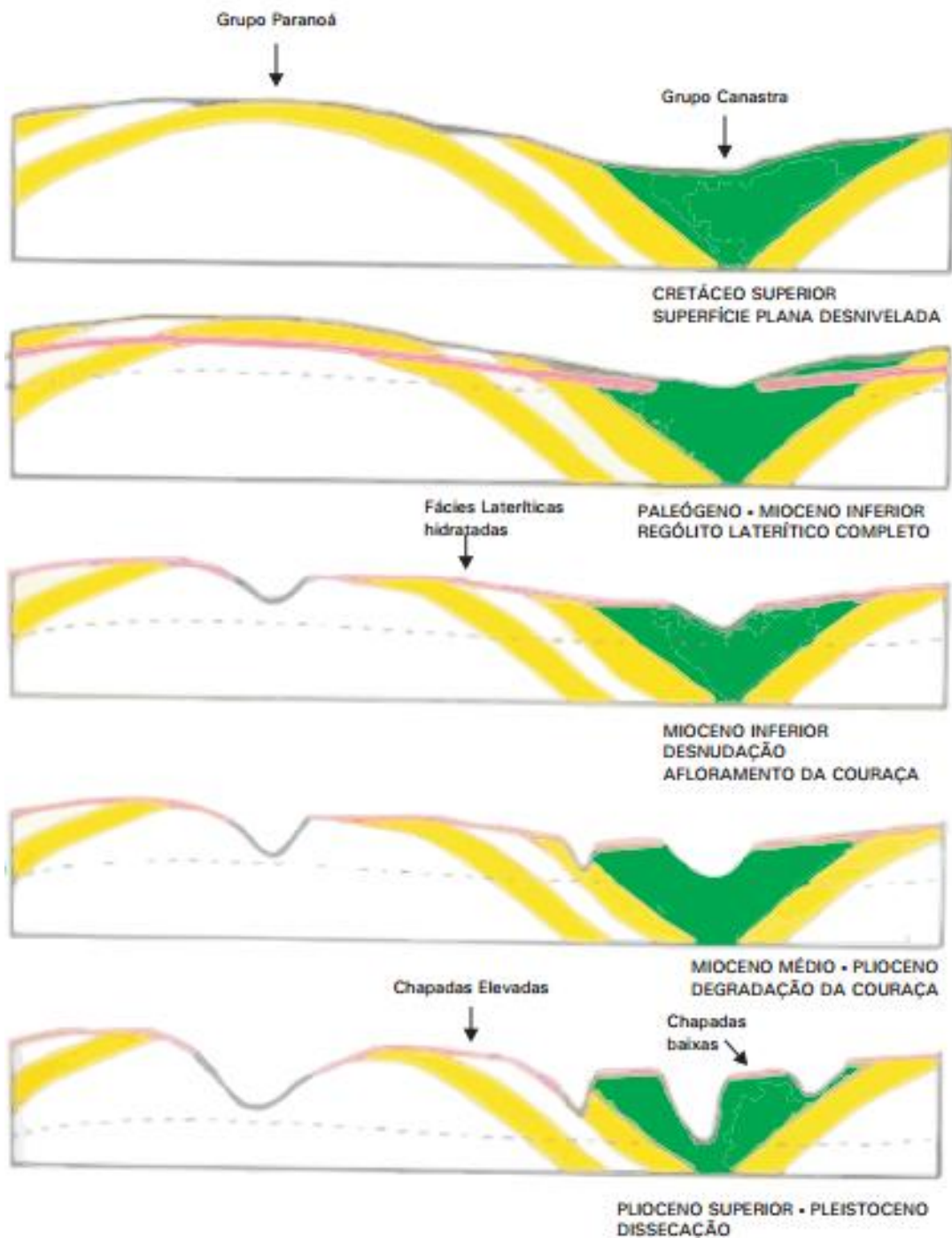


Figura 7. Esquema de Evolução Geomorfológica proposto por MARTINS et al. (2004)

2.2.4. Solos

As classes de solos mais representativas da bacia do São Bartolomeu são: Latossolo, Cambissolo e os Solos Hidromórficos. (Figura 8).

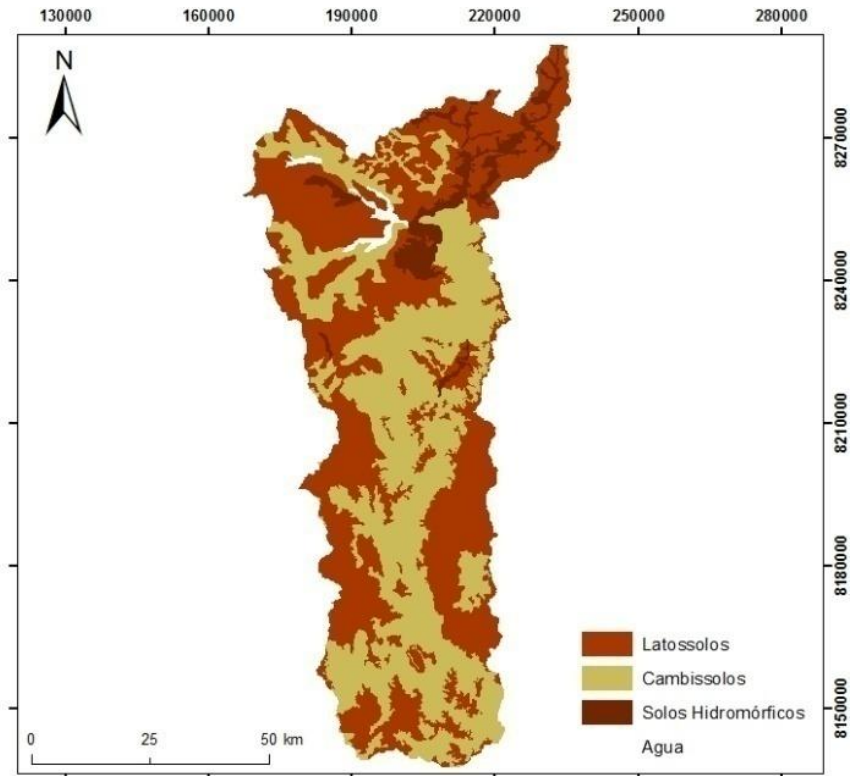


Figura 8. Mapa de solos simplificado da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado: SIEG (2012).

Latossolos

Os Latossolos são solos muito intemperizados com alta concentração de minerais secundários: caulinita, óxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Al (hematita, goethita, gibbsita) (REATTO, *et al.*, 2004).

Os perfis típicos de Latossolos contêm um horizonte A com transição difusa para um B latossólico, esse pode atingir mais de 2 metros de profundidade. Sua coloração varia do vermelho ao amarelo, passando pelo alaranjado (LEPSCH, 2011).

Apesar dos baixos níveis de nutrientes, são solos muito utilizados na agricultura, pois estão associados ao relevo plano e suave-ondulado, nos topos de chapadas ou ambientes de deposição.

Cambissolos

Os Cambissolos apresentam pouca alteração físico-química nos horizontes sub-superficiais indicando um horizonte B incipiente. Apresentam maiores teores de silte e

minerais primários, caracterizando pouca intemperização. Podem atingir de 0,2 a 1 m de profundidade.

São encontrados em ambientes com relevo mais irregular, variando de ondulado a forte-ondulado, (REATTO, *et al.*, 2004).

Solos Hidromórficos

Os solos hidromórficos ocorrem em ambientes de oxirredução mal drenados que formam horizonte glei, característico dos Gleissolos. Pode ocorrer presença de mosqueados abundantes. São periodicamente ou permanentemente saturados em água e mostram a presença de lençol freático aflorante em grande parte do ano.

Estão associados a superfícies côncavas em relevo plano ou suave-ondulado.

2.2.5. Fitofisionomia

Segundo Ribeiro e Walter (2008), o bioma Cerrado possui uma vegetação diversificada, dividida em três tipos fitofisionômicos principais: formações florestais, savânicas e campestres. A formação florestal se subdivide em Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; a formação savânica em Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda; e a formação campestre em Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre (Figura 9). A bacia do São Bartolomeu abriga todos os tipos fitofisionômicos descritos para o Cerrado.



Figura 9. Diferentes Fitofisionomias do Bioma Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 2008).

2.3.1. Aquisição e Processamento do Dado SRTM

A primeira etapa para a compartimentação geomorfológica da bacia foi a aquisição do Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponíveis no site da Empresa Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005). A resolução espacial desse MDE é de 3arcsec (90 metros). A SRTM foi uma missão que adquiriu dados topográficos de 80% da superfície da terra entre as latitudes 60° N e 57° S em apenas 11 dias no ano 2000 (RABUS, *et al.*, 2003). Elaborou-se um mosaico com as cenas envolvendo a área de estudo (SD-22-Z-D, SD-23-Y-C, SE-22-X-B e SE-23-V-A), (Figura 11).

Apesar de ser uma das mais importantes ferramentas de análise da superfície, o MDE da SRTM apresenta limitações como a má definição dos corpos hídricos e aparecimento de vórtices e picos. Portanto, trabalhos que utilizam esses dados realizam procedimentos que visam à eliminação de valores espúrios e ruídos. A escala de trabalho e a metodologia de mapeamento geomorfológico da bacia do São Bartolomeu permitiram que fosse realizado apenas o filtro de mediana com abertura de 9x9 para suavizar a diferença entre os pixels.

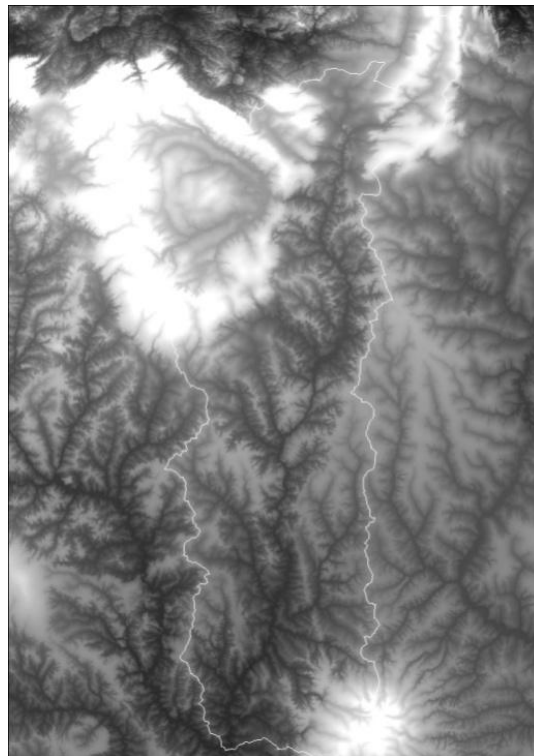


Figura 11. Mosaico SRTM para a bacia do São Bartolomeu

2.3.2. Delimitação da Bacia de Drenagem

Os limites da bacia devem corresponder aos limites topográficos, sendo uma linha imaginária ligando os pontos mais elevados do terreno, cruzando a drenagem apenas no exutório (CHRISTOFOLETTI, 1980). O limite da bacia foi gerado por meio do dado SRTM seguindo as etapas: preenchimento de depressões, mapa da direção de fluxo, mapa de fluxo acumulado e delimitação da bacia, Figura 12.



Figura 12. Principais etapas realizadas na delimitação da bacia do São Bartolomeu. Fonte: Adaptado de Sobrinho, *et al.*, (2010)

O preenchimento das depressões teve o intuito de corrigir as falhas com aspecto de uma depressão, denominadas “*sinks*”. Esse procedimento foi Com estes dados preenchidos é gerada a Direção de Fluxo, que indica o comportamento da água em um pixel em relação a seus vizinhos. Esta direção foi obtida por meio da função “*flowdirection*” utilizando o método D8, que gera uma grade regular onde cada ponto apresenta um valor referente a uma direção entre oito direções. A partir da Direção de Fluxo é gerado o Fluxo Acumulado, que apresenta um valor relativo à quantidade de pixels que colaboram à montante dele. Com este fluxo foi possível extrair automaticamente os vetores referentes à drenagem. Esses procedimentos foram utilizados por Oliveira *et al.* (2007).

A etapa posterior foi a definição do exutório, que nesse caso é o ponto aproximado em que o rio São Bartolomeu desagua rio Corumbá. Após o processamento desses dados, os limites da bacia hidrográfica são interpolados e gerados automaticamente.

2.3.3. Composição Colorida dos Parâmetros Morfométricos

A partir dos dados de altimetria do MDE foram gerados parâmetros morfométricos do terreno (declividade, aspecto, curvatura mínima, relevo sombreado), Figura 13. Esses dados foram compatibilizados em uma composição colorida RGB, onde o dado altimétrico preenche

o canal do vermelho (R) e a declividade corresponde ao verde (G). O terceiro canal é preenchido de acordo com o objetivo do trabalho e as características da área de estudo. Hermuche, *et al.*, (2002) utilizaram o aspecto no canal do azul para mapear os solos com base nos padrões do relevo de uma bacia hidrográfica. Outro parâmetro muito utilizado nesta metodologia é a Curvatura Mínima, escolhida após comparação com o parâmetro utilizado no exemplo anterior (Figura 14).

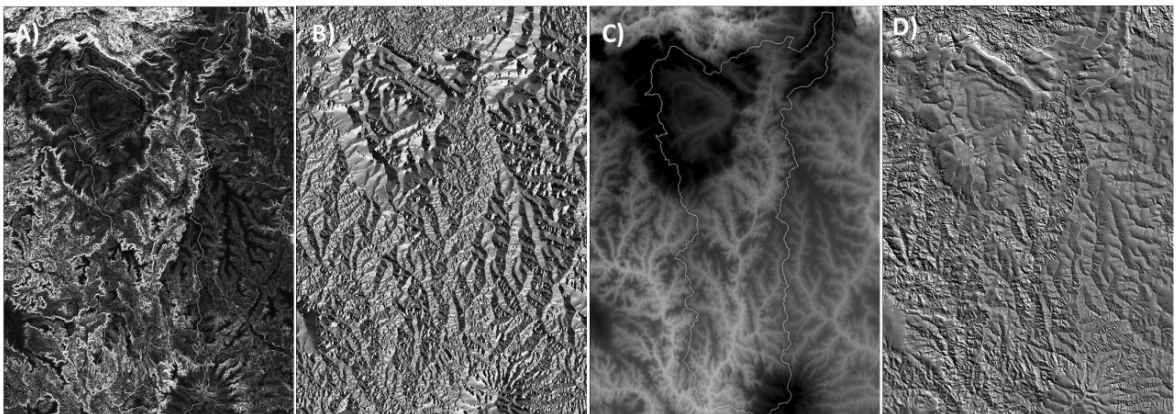


Figura 13. Parâmetros morfométricos derivados do MDE: Declividade (A), Aspecto (B), Curv. Mínima (C) e Relevo Sombreado (D)

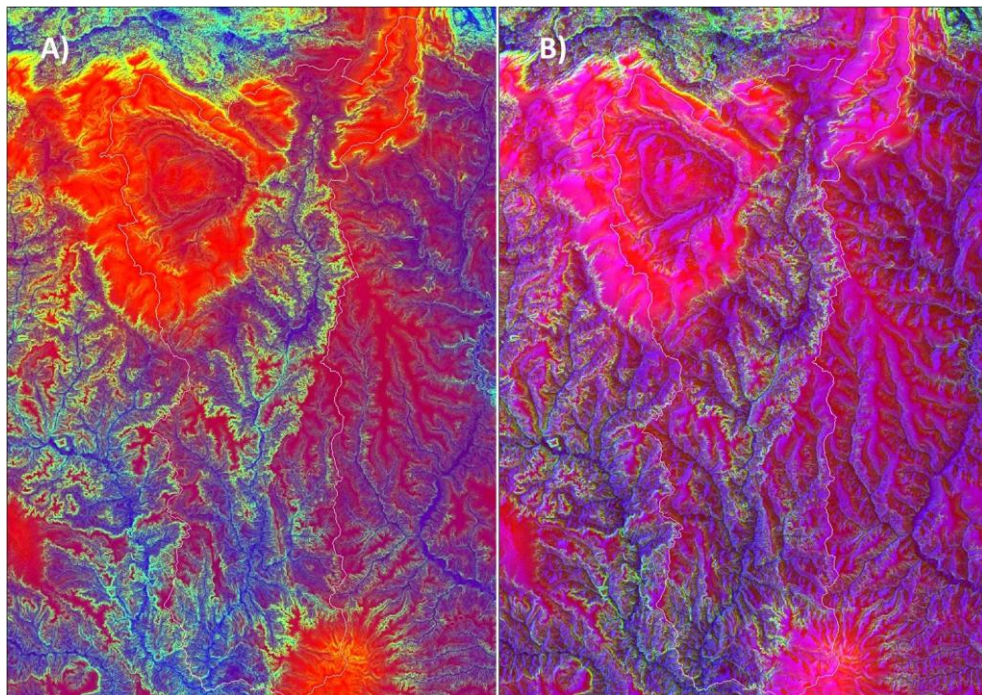


Figura 14. Comparação entre RGB utilizando a Curvatura Mínima no canal do azul (A) e o Aspecto no canal do azul (B).

Essa técnica realça as feições do relevo permitindo a sua interpretação com maior facilidade e com o máximo de informações possíveis na imagem. Diversos autores utilizaram essa metodologia na caracterização do relevo (BORGES, *et al.* 2007; CASTRO, *et al.*, 2009, 2010; HERMUCHE, *et al.*, 2002; LIMA, *et al.*, 2009, 2010; PASSO, *et al.*, 2010).

2.3.4. *Elaboração do Mapa Geomorfológico*

De acordo com a Taxonomia do Mapeamento Geomorfológico proposta pelo IBGE (2009), o mapa elaborado para a bacia apresenta as unidades geomorfológicas.

A delimitação geomorfológica foi feita por meio de vetorização digital em tela, que consiste na identificação e interpretação dos padrões de cores e texturas na imagem, gerando polígonos que correspondem às unidades geomorfológicas, Figura 15.

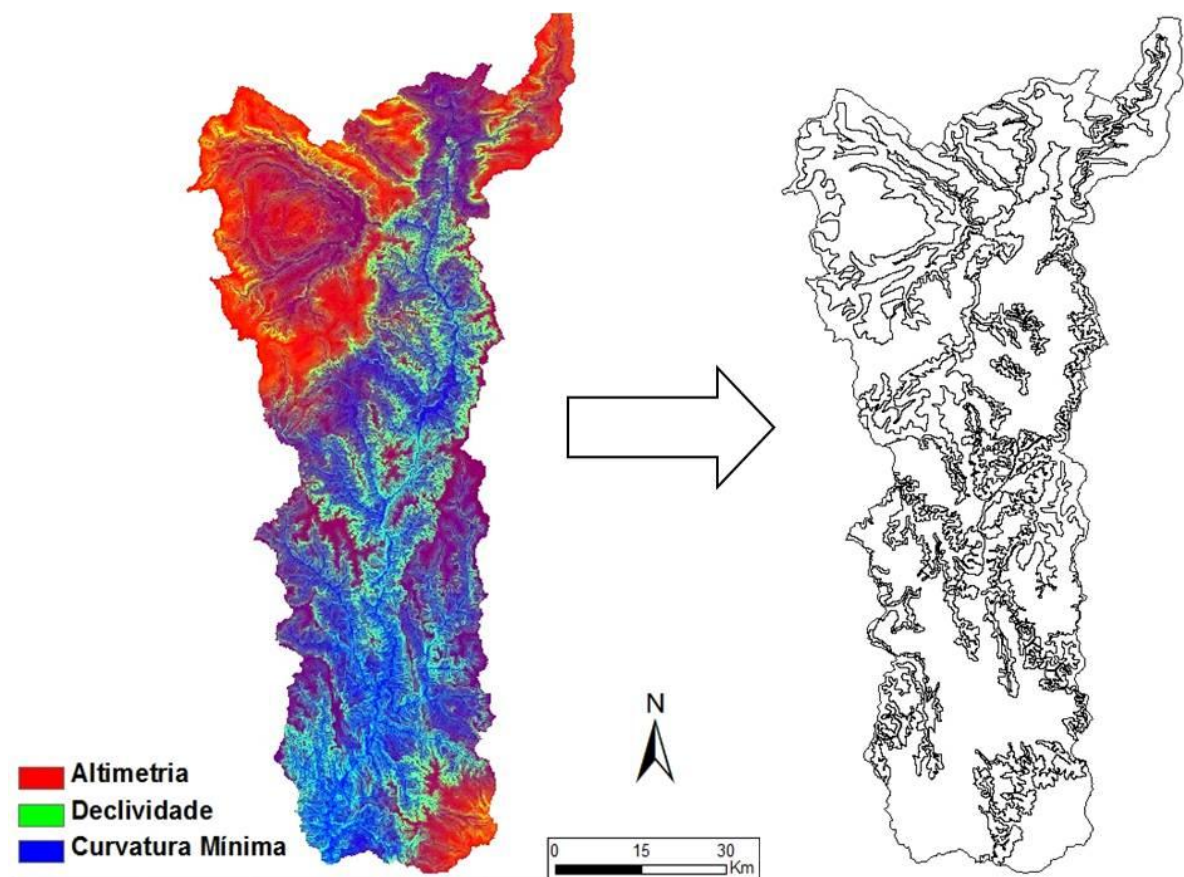
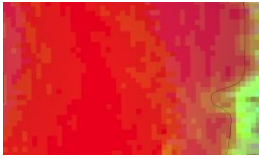
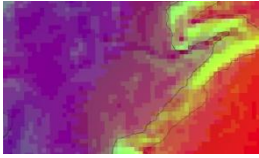
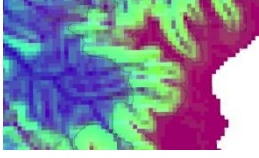

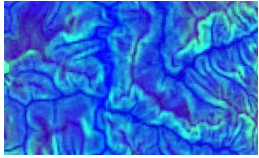


Figura 15. Composição colorida (à esquerda) e vetores (polígonos) gerados com base nos padrões de cores da imagem.

A tabela 1 mostra alguns padrões de cores associadas a padrões de relevo da área.

Tabela 1. Chave para identificação de Unidades Geomorfológicas em composição colorida de dados altimétricos (R-Altimetria/G-Declividade/B-Curvatura Mínima).

Unidades Geomorfológicas Identificadas	Características	Padrão de Cores na Composição Colorida
Chapada	A cor vermelha mostra áreas elevadas com relevo plano a suave-ondulado, característico das Chapadas.	
Chapada, Frente de Recuo Erosivo, Rampa de Colúvio	Transição de uma Chapada para uma Rampa de Colúvio. A cor roxa mostra um relevo suave-ondulado, porém em altitudes inferiores às cores vermelhas.	
Chapada, Frente de Recuo Erosivo, Depressão Dissecada	A cor verde representa a ruptura do relevo separando, na imagem, uma chapada (mais rebaixada) de uma depressão dissecada.	
Mesa, Frente de Recuo Erosivo, Depressão Dissecada	A cor roxa, aqui, representa o mesmo padrão de relevo de chapada, porém é caracterizado como Mesa por estar cercado em todos os lados pela Frente de Recuo (em verde).	
Depressão Dissecada	Esse padrão de cores mostra um relevo acidentado com colinas (roxo e verde) e vales encaixados (azuis), caracterizando a Depressão Dissecada.	

2.3.5. Validação do mapa em campo

O mapa foi validado em expedição a campo onde foram observadas as paisagens mostradas na figura 16.

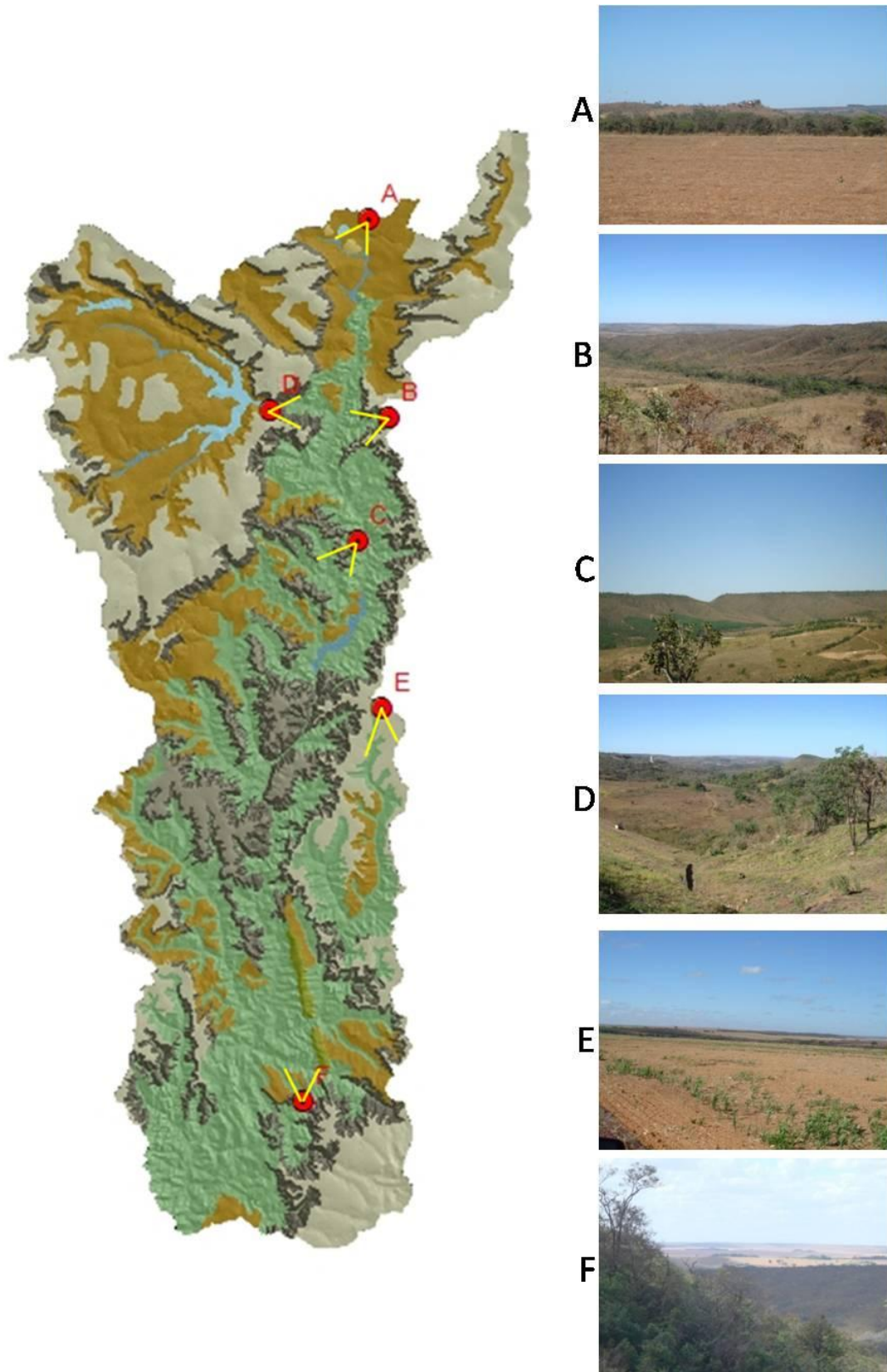


Figura 16. Feições do relevo observadas em campo. A) Foto tirada de uma rampa de colúvio em direção a colina; B) Fotografia da depressão dissecada e frente de recuo erosivo do lado leste da bacia; C) Exemplo de uma Mesa cercada pela depressão dissecada; D) Vista da depressão dissecada a partir da barragem do Paranoá; E) Chapada no grupo Canastra, divisora da bacia de estudo com a do Rio Preto, afluente do rio São Francisco; F) foto sobre o domo de Cristalina com vista para a depressão dissecada com rampas de colúvio ao fundo.

2.4. Resultados e Discussão

O mapeamento geomorfológico da bacia do São Bartolomeu se insere no terceiro nível categórico do relevo proposto pelo IBGE (2009). A Tabela 2 mostra a distribuição dos três primeiros níveis categóricos na área de estudo.

Tabela 2. Níveis categóricos encontrados na bacia

Níveis categóricos da Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Alto São Bartolomeu		
Primeiro Nível	Segundo Nível	Terceiro Nível
<i>Domínio Morfoestrutural</i>	<i>Região Geomorfológica</i>	<i>Unidades Geomorfológicas</i>
		Chapadas
		Frentes de Recuo Erosivo
		Rampas de Colúvio
		Depressões Dissecadas
Cinturões Móveis Neoproterozóicos	Planalto do Distrito Federal	Mesas
		Cristas
		Colinas
		Planícies Fluviais

O domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos são grandes áreas compostas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas. Existe um padrão de falhas e dobramentos com presença de metamorfitos e granitóides associados (IBGE, 2009).

A região geomorfológica do Planalto do Distrito Federal é caracterizada por extensas chapadas e planaltos contínuos sustentados por couraças lateríticas (CASSETI, 2005).

2.4.1. Unidades Geomorfológicas

A metodologia adotada permitiu identificar as seguintes unidades geomorfológicas: Chapadas, Frentes de Recuo Erosivo, Rampas de Colúvio, Depressões Dissecadas, Mesas, Colinas, Cristas e Planícies Fluviais (Figura 17). As características morfométricas de cada unidade estão representadas na Tabela 3 na forma de histogramas de frequência.

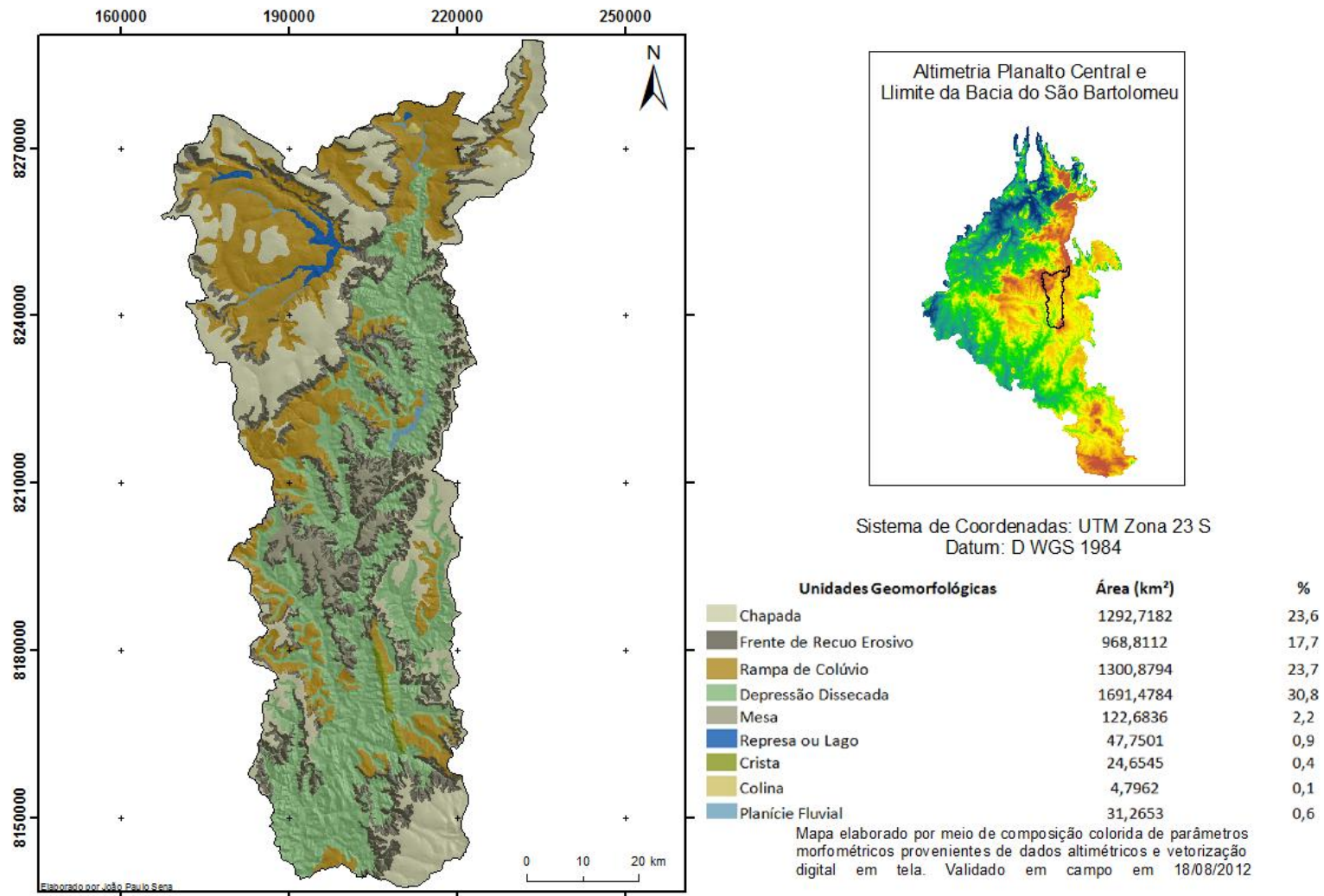
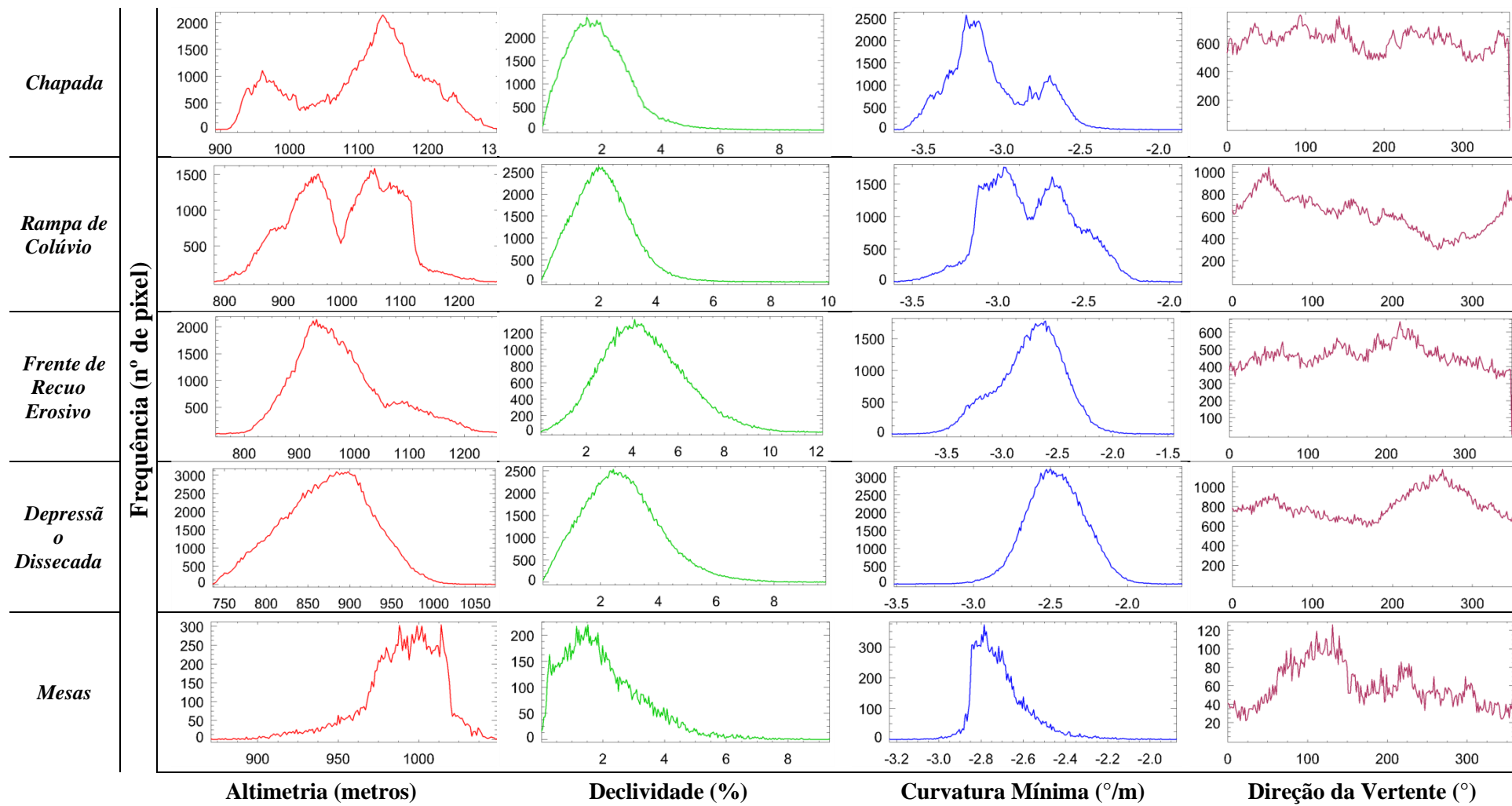


Figura 17. Mapa Geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu.

Tabela 3. Histogramas de frequência dos parâmetros morfométricos nas principais unidades geomorfológicas mapeadas



As Chapadas da área estudada representam as partes mais preservadas quando se trata de evolução geomorfológica. São caracterizadas por relevo plano e suave ondulado com padrões multiconvexos e processos dinâmicos estáveis, abrigando principalmente os solos da classe Latossolo formado por material de origem autóctone (in situ). Devido a tais peculiares, existe um grande potencial de uso agrícola paralelo ao potencial de recarga de nascentes. O histograma de frequência de altimetria mostra uma curva bimodal para as chapadas, mostrando uma diferenciação entre as chapadas mais elevadas, entre 1100 e 1300 metros, controladas principalmente por quartzitos do grupo Paranoá e as chapadas rebaixadas sobre o Grupo Canastra, entre 1000 e 1100 metros, sobre rochas mais facilmente intemperizáveis e bordas controladas por couraças lateríticas. Não apresenta direção preferencial de vertente, reforçando a característica de relevo plano.

As Rampas de Colúvio são caracterizadas por relevo plano e suave ondulado com uma leve inclinação em direção às linhas de drenagens. Estão localizadas entre as Frentes de Recuo Erosivo e as Depressões Dissecadas. São áreas que recebem a deposição do material erodido acima. Essas características levam a um predomínio da classe de solo Latossolo, com material de origem alóctone, pois é uma área de deposição. São áreas com grande potencial agrícola. Assim como as Chapadas, essa unidade também apresenta uma curva bimodal no histograma de frequência altimétrica diferenciando as rampas que ocorrem entre 1050 e 1150 metros sobre o Grupo Paranoá, entre os domos de Brasília e do Pipiripau, e as rampas do Grupo Canastra, encontradas no interior da Depressão Dissecada com altitude variando de 900 à 1000 metros. Existe uma direção preferencial de deposição entre 0 e 100 °, ilustrada no histograma de frequência de direção da vertente. No interior das rampas de colúvio do Alto São Bartolomeu são encontradas colinas suaves residuais da antiga superfície de aplainamento.

As Frentes de Recuo Erosivo são as partes mais declivosas e representam as rupturas do relevo, estando nos limites entre as unidades estáveis e deposicionais. É nessa unidade que se encontram as maiores variações altimétricas. Aparece desde 800 até 1100 metros de altitude. O relevo íngreme ou escarpado causa maiores índices de erosão, ou seja, processos dinâmicos erosivos. A principal classe de solo observada nas frentes de recuo é a dos Cambissolos, com presença de Latossolo Amarelo nos rebordos de chapadas com menor declividade. A direção preferencial da vertente (250°) é inversa a dos ambientes coluvionares e mostra uma tendência semelhante à da depressão dissecada, talvez por essa última apresentar uma predominância de processos erosivos.

As partes mais baixas da área de estudo estão nas Depressões Dissecadas, com altitude média de 850 metros. Essa unidade guarda um relevo ondulado a forte-ondulado caracterizado com colinas e morretes. O alto grau de dissecação se dá principalmente pelo material de origem pouco resistente a erosão e ao intemperismo. É uma região de vales encaixados por onde corre o alto curso do rio São Bartolomeu. A classe de solo predominante é Cambissolo. No interior da depressão existe um padrão colinoso de erosão ativa intercalado com ambientes de deposição com características das rampas de colúvio, porém a escala de trabalho não permita a separação desses ambientes. A direção da vertente aponta uma preferência para 250° .

São encontrados resquícios de chapadas com topo plano e pequena expressão espacial na escala de trabalho denominados de Mesas. Essas unidades são rodeadas por frentes de recuo erosivo e são estruturas sustentadas por couraça laterítica sobre saprólitos do Grupo Canastra (Figura 18). Apresenta altitude média de 1000 metros e declividade quase nula. A direção preferencial da vertente é 100° . Geralmente são encontrados Latossolos Amarelos nos topos das mesas.



Figura 18. Exemplo de concreção ferruginosa em borda de mesa.

As Colinas mapeadas na porção superior da bacia são ambientes convexos residuais de baixa amplitude com presença de Latossolo Amarelo em meio aos Latossolos Vermelhos das rampas de colúvio.

As Cristas são formas alongadas de relevo residual com alto grau de declividade nas encostas. Ocorrem em rochas metassedimentares apresentando direção de fraturas ou dobramentos.

Em algumas áreas próximas aos cursos d'água formam-se zonas hidromórficas com declividade muito baixa relacionada ao ambiente de deposição fluvial. Essas áreas foram classificadas como Planícies Fluviais.

2.4.2. Processos Morfogenéticos

Os processos morfogenéticos representam a ação responsável pela formação dos modelados do relevo. Esses processos passam pelo intemperismo, transporte e acumulação do material formador da paisagem (CASSETI, 2005). Com base nas unidades geomorfológicas

mapeadas foi possível realizar uma aproximação dos processos morfogenéticos atuantes na bacia. Os processos foram classificados como: estáveis, erosivos e deposicionais. Além disso, a unidade relacionada à Depressão dissecada foi classificada como erosivo/deposicional, pois ocorrem ambientes deposicionais não mapeáveis no interior do ambiente predominantemente erosional (Figura 19, Tabela 4).

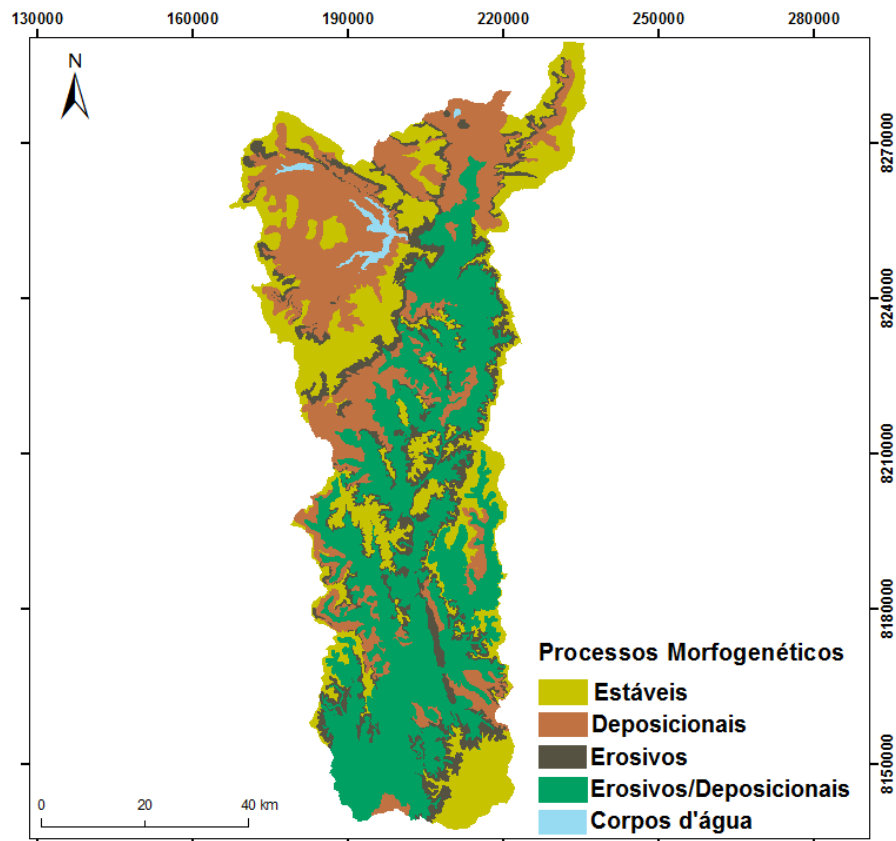


Figura 19. Mapa de processos morfogenéticos da bacia hidrográfica do São Bartolomeu.

Tabela 4. Porcentagem e unidades geomorfológicas presentes.

Processo Morfogenético	Unidades Geomorfológicas	Área na Bacia (%)
<i>Erosivos</i>	Frente de Recuo Erosivo	18,2
	Colinas	
	Cristas	
<i>Deposicionais</i>	Rampa de Colúvio	26,3
	Planície Fluvial	
<i>Alternância Erosivo/Deposicional</i>	Depressão Dissecada	30,8
<i>Estáveis</i>	Chapadas	25,8
	Mesas	

2.5. Conclusões

O emprego de atributos morfométricos na análise geomorfológica se mostra cada vez mais eficiente permitindo a identificação de várias unidades que foram constatadas em campo. Além disso, foi possível observar uma grande relação entre aspectos pedológicos, geológicos e geomorfológicos. A distribuição espacial dos padrões de relevo pode determinar a dinâmica da cobertura das atividades humanas relacionadas ao uso da terra.

A compartimentação geomorfológica representa a elaboração de dados primários que oferecem conhecimento acerca da composição e dinâmica da paisagem na área de estudo. Ao mesmo tempo, apresenta metodologias atuais de processamento digital de imagem para o mapeamento das unidades geomorfológicas. Essas metodologias se mostraram eficientes e céleres para o mapeamento do relevo, o que pode facilitar o processo de diagnóstico ambiental de um projeto de gestão dos recursos naturais.

Na bacia do São Bartolomeu foram caracterizadas as seguintes unidades geomorfológicas: Chapadas (23,6%), Frentes de Recuo Erosivo (17,7%), Rampas de Colúvio (23,7%), Depressões Dissecadas (30,8%), Mesas (2,2%), Cristas (0,4%), Colinas (0,1%) e Planícies Fluviais (0,6%).

O mapa das unidades geomorfológicas possibilitou a elaboração da espacialização dos processos morfogenéticos. Os processos são estáveis nas Chapadas e Mesas, deposicionais nas Rampas de Colúvio e Planícies Fluviais, e erosivos nas Frentes de Recuo Erosivo. As Depressões Dissecadas apresenta processos de deposição e de erosão.

Espera-se que os dados apresentados neste trabalho sejam somados ao conjunto de dados relacionados ao estudo da paisagem da ecorregião do Planalto Central, especialmente na região do Distrito Federal e entorno, auxiliando pesquisas que visem elaboração de políticas públicas com foco na gestão dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul: Primeira Aproximação. **Geomorfologia**, São Paulo, p. 1-22, 1977.

ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S. C.; CAMPOS, R. N.; MARTINS, RENATA C.; MARTINS, E. S.. Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa, v. 1. Cap. 8, p. 229-270. 2008.

BORGES, M. E. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; ARCOVERDE, G. F. B.; GOMES, R. A. T. Emprego do Processamento digital dos parâmetros morfométricos no mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Preto. **Espaço & Geografia**, v. 10, n. 2, p. 401-429, 2007.

BRAUN, O. P. G. Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 3-39, 1971.

CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1, p. 41-48, março 2004.

CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; R., A.; LIMA, L. A. S.; RODRIGUES, L. N.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; BORGES, M. E. S.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Buriti Vermelho, Distrito Federal, DF. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - CPAC**, Planaltina, DF, v. 244, p. 23, abril 2009.

CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; PASSO, D. P.; LIMA, L. A. S.; CARDOSO, W. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. Caracterização Geomorfológica do Município de Luís Eduardo Magalhães, Oeste Baiano, Escala 1:100.000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - CPAC**, Planaltina, DF, v. 288, p. 33, junho 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Edição. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Brasília, DF. 1984.

CPRM; EMBRAPA; SCO-MI. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno. Fase I**. CPRM / EMBRAPA / SCO-MI. Rio de Janeiro. 2003.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**, 2008. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

DANTAS, M. E. Geomorfologia. In: CPRM; EMBRAPA; SCO-MI **Zoneamento ecológico-econômico da região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal: fase I**. Rio de Janeiro: [s.n.], v. 2, 2003. p. 1-29.

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA; SEMATEC; UNB **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal**. Brasília: IEMA; SEMATEC; UnB, v. 1, 1998, p. 45.

HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, É. S.; DRUCK, S.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SANTOS, N. B. F.; REATTO, A. Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: Bacias Hidrográficas Assimétricas. **Documentos Embrapa - CPAC**, Planaltina, v. 68, p. 23, 2002.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2009.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**, 2004. Disponível em: <www.mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 28 ago 2012.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Compartimentação Geomorfológica e suas relações com os solos na Bacia do Alto rio Preto, GO. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - CPAC**, Planaltina, DF, v. 255, p. 24, 2009.

LIMA, L. A. S.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LOPES, C. A.; XAVIER, D. R.; PASSO, D. P.; CASTRO, K. B.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. Caracterização Geomorfológica do Município de Cocos, Oeste Baiano, Escala 1:50.000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - CPAC**, Planaltina, DF, v. 284, p. 30, junho 2010.

MARTINS, E. S. **Petrografia, mineralogia e geomorfologia de rególitos lateríticos no Distrito Federal**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2000.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 33. 2004a.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Evolução Geomorfológica do Distrito Federal**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 57. 2004b.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Unidades de Paisagem do Distrito Federal, escala 1:100.000**. Embrapa Cerrados. [S.l.], p. 22. 2004c.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 869-878, Junho 2002.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KANT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NOVAES PINTO, M. Caracterização morfológica do curso superior do rio São Bartolomeu-Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 48 (4), p. 377-397, 1986.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de Aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 48 (3), p. 237-257, 1986.

OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JR, O.A.; SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F.; SILVA, N.C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n.1, p.3-21, 2007

PASSO, D. P.; CASTRO, K. B.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; LIMA, L. A. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. Caracterização Geomorfológica do Município de São Desidério, BA, Escala 1:50.000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - CPAC**, Planaltina, DF, v. 283, p. 29, junho 2010.

PENTEADO, M. M. Tipos de Concreções Ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 39-53, 1976.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A.. Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo. **Documentos Embrapa Cerrados**, 2004. 29.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa, v. 1, 2008. Cap. 6, p. 151-199.

RODRIGUES, J. B. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí – Um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 128. 2008.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992.

SCISLEWSKI, G.; FRASCA, A. A. S.; ARAÚJO, V. A.; RODRIGUES, J. B.; GONÇALVES, H. S. Geologia. In: CPRM; EMBRAPA; SCO-MI **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno FASE I**. Rio de Janeiro: [s.n.], v. 1, 2003. p. 9-15.

SIEG. Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás. **Base Cartográfica e Mapas Temáticos do Estado de Goiás**. Disponível em: www.sieg.go.gov.br. Acesso em: Jul. 2012.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa, v. 1, 2008. Cap. 3, p. 69-87.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **Bioscience**, v. 52, p. 225-234, 2002.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.

STEINKE, V. A.; SANO, E. E.; STEINKE, E. T.; NASCIMENTO, R. O. O desenvolvimento dos estudos geomorfológicos no Distrito Federal. **Geografia**, Rio Claro, 32, n. 1, abril 2007. 107-120.

CAPÍTULO 3 - UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS PARA A SUBDIVISÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NO CERRADO

Resumo - Este estudo teve como objetivo propor um processamento de imagem digital Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) aplicada à subdivisão da Bacia do Rio São Bartolomeu. A delimitação da bacia utilizou a direção do fluxo e da foz do rio. A caracterização geomorfológica baseou-se nos parâmetros morfométricos (declividade e curvatura mínima) derivadas do modelo digital de elevação SRTM. As unidades geomorfológicas foram obtidas através da interpretação visual da composição colorida R/G/B (Altimetria/Declividade/Curvatura Mínima). Foram identificados os seguintes padrões morfométricos: Chapadas, Frentes de recuo erosivo, Rampas de colúvio, Tabelas e Depressões dissecadas. A metodologia utilizada foi a mesma da subdivisão do limite da bacia, diferindo apenas no exutório do rio. A definição da foz do rio das subdivisões foi baseada em padrões geomorfológicos. Foi possível identificar quatro subdivisões: Alto, Médio-alto, Médio e Baixo São Bartolomeu. Esta abordagem pode subsidiar políticas públicas de gestão territorial e dos recursos hídricos, devido à sua simplicidade e eficiência.

Palavras-chave: bacia de drenagem, análise fisiográfica, unidades geomorfológicas.

USE OF MORPHOMETRIC VARIABLE FOR SUBDIVISION OF WATERSHED IN CERRADO

Abstract - This study aimed to propose a digital Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) processing applied to the subdivision of River Basin São Bartolomeu. The delimitation of the basin was based on flow direction and the river mouth. The geomorphological characterization was based on the morphometric parameters (slope, minimum curvature) derived from the SRTM digital elevation model. The geomorphological units were obtained by visual interpretation on screen considering R/G/B color composition, respectively, Altimetry/Slope/Minimum Curvature. There were identified the following morphometric patterns: Chapadas, Fronts Retreat Erosive, Colluvium Ramps, Tables and Depressions Dissected. The methodology used was the same in the subdivision of the basin boundary, varying on river mouth indication. The definition of the river mouth of the subdivisions was based on geomorphological patterns. It was possible to identify four subdivisions: High, Medium-High, Medium and Low São Bartolomeu. This approach can subsidize public policies on land and water resources management due to its simplicity and efficiency.

Keywords: watershed, physiographic analysis, geomorphological units.

3.1. Introdução

A Bacia Hidrográfica é a superfície terrestre topograficamente delimitada cujo escoamento superficial converge para um exutório comum, composta por nascentes, divisores de água, cursos d'água e afluentes (GUERRA e GUERRA, 2008). Esta simplicidade

conceitual fez dela a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL-Lei 9433, art.1,V).

No entanto, dentro de uma única bacia de hidrográfica pode existir grande diversidade geológica, climática, geomorfológica, pedológica e organismos, especialmente no caso do Cerrado, que possui a maior heterogeneidade de paisagens dentre as savanas (SILVA e BATES, 2002; SILVA, *et al.*, 2006). Considerando que a paisagem é constituída pela relação entre aqueles elementos, esta diversidade pode ser compreendida por meio de estudos referentes a um desses elementos (MARTINS, *et al.*, 2004a). Isto significa que o funcionamento de um componente está relacionado aos processos dos demais elementos, tornando-se relevante o desenvolvimento de métodos para divisão de áreas homóloga dentro de uma bacia hidrográfica.

O relevo é um dos elementos integradores da paisagem mais estudados, especialmente com os avanços das geotecnologias (MARTINS *et al.* 2004b). No caso do Cerrado os parâmetros morfométricos gerados a partir de dados digitais apresentaram relação direta com a geologia (CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2001), os solos (VASCONCELOS, *et al.*, 2010) e vegetação (COUTO JUNIOR, *et al.*, 2010).

Considerando a importância da identificação de áreas homólogas, o objetivo deste trabalho foi subdividir a Bacia Hidrográfica do rio São Bartolomeu com base nos parâmetros morfométricos.

3.2. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do São Bartolomeu (BHSB) localiza-se entre as coordenadas 15°16'S - 16° 50'S e 47° 29'W - 48° 54'W (Figura 20). Possui uma área de drenagem de 5485 km², sendo 2672 km² em território do Distrito Federal e 2813 km², do estado de Goiás. Observa-se que sua drenagem principal percorre aproximadamente 180 km predominantemente na direção Norte-Sul.

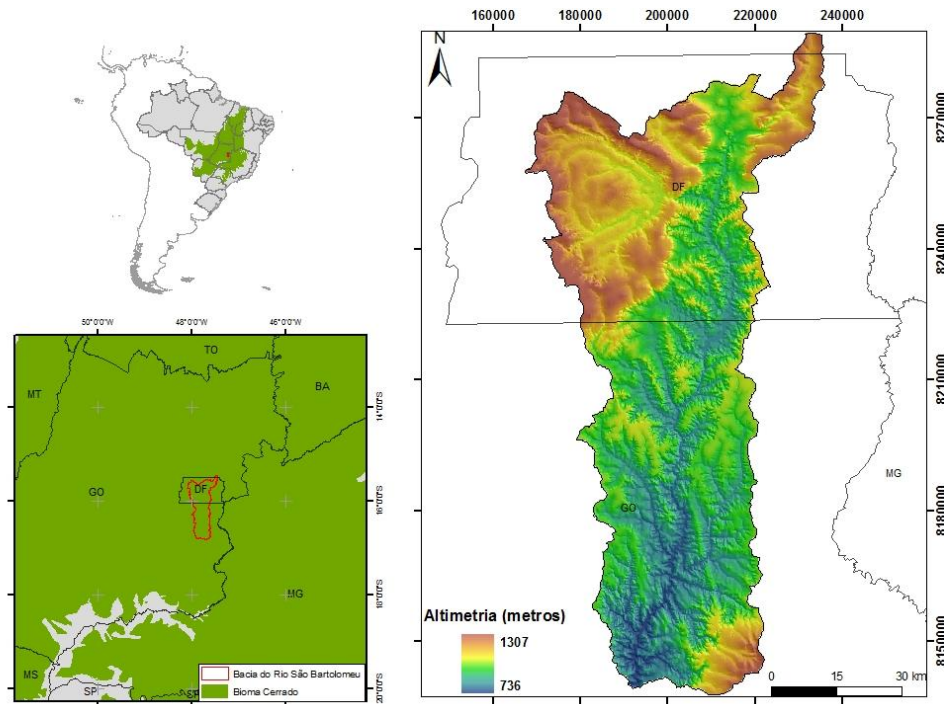


Figura 20. Localização e Altimetria da Bacia Hidrográfica do rio São Bartolomeu.

A BHSB está localizada na porção centro sul da Faixa de dobramentos Brasília, caracterizada por contato tectônico e rochas metassedimentares dos grupos Paranoá e Canastra (MARTINS, *et al.*, 2004b). Seu relevo é marcado por as formas de domos, associadas ao grupo Paranoá, e por depressões formadas pela dissecação fluvial, ligadas ao grupo Canastra. Esta bacia apresentam uma amplitude altimétrica superior a 500 metros, variando de 730 a 1300 metros (Figura 20). As classes de solos mais representativas da área são representativas do Cerrado, com destaque para Latossolos, Cambissolos e Solos Hidromórficos.

O clima predominante desta região é caracterizado por sazonalidade intensa com chuvas concentradas entre os meses de outubro e abril. Enquadra-se como tropical úmido de savana com inverno seco (Aw), segundo a classificação de Köppen. Existe ainda uma variação local com clima tropical de altitude (Cwa e Cwb) nas porções mais elevadas da bacia.

3.3. Materiais e Métodos

Este trabalho foi organizado de acordo com as seguintes etapas: 1) aquisição e tratamento do modelo digital de elevação (MDE); 2) delimitação automática da área BHSB; 3) composição colorida dos parâmetros morfométricos por meio de vetorização digital em tela; 4) definição das subdivisões.

3.3.1. Aquisição e tratamento do Modelo Digital de Elevação SRTM

Foram utilizados os dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), missão que adquiriu dados topográficos de 80% da superfície da terra entre as latitudes 60° N e 57° S em apenas 11 dias no ano 2000 (RABUS, *et al.*, 2003). Este produto possui a resolução espacial de 3arcsec, o que representa 90 metros no terreno. Estes dados são disponibilizados pela Embrapa Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005) por meio da página eletrônica <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Para esta área de estudo foram utilizadas as cenas SD-22-Z-D, SD-23-Y-C, SE-22-X-B e SE-23-V-A.

No entanto, esses dados apresentam limitações referentes à definição dos corpos hídricos e aparecimento de vórtices e picos. Portanto, neste trabalho foram realizados procedimentos que reduzem a influencia desses valores espúrios e ruídos, de acordo com os seguintes procedimentos: a) filtragem das imagens originais com filtro de mediana com janela 9x9; b) subtração entre os dados originais e filtrados; c) identificação das variações superiores a 5 metros; d) conversão destes valores matriciais em vetoriais em forma de ponto; e) interpolação por meio do TOPOGRID (HUTCHINSON, 1988).

3.3.2. Delimitação automática da bacia hidrográfica

Com os dados tratados foram realizadas as seguintes etapas (SOBRINHO, *et al.*, 2010): i) preenchimento de depressões; ii) obtenção da direção de fluxo, iii) geração do fluxo

acumulado; iv) conversão da drenagem para o formato matricial; v) delimitação da bacia com a definição do exutório (Figura 21).

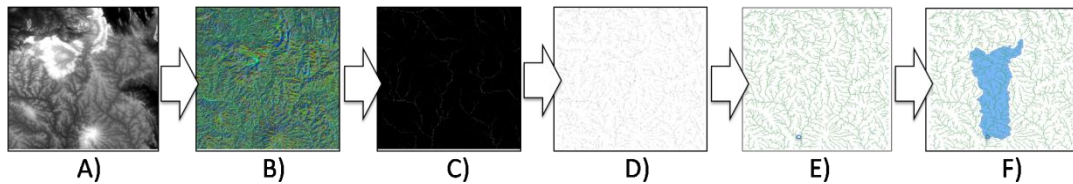


Figura 21. Processo simplificado de delimitação da bacia: A) Modelo Digital de Elevação com preenchimento das depressões; B) Direção do Fluxo; C) Fluxo Acumulado; D) Raster Drenagem; E) Vetor da Drenagem com ponto de exutório; F) Bacia delimitada.

O preenchimento das depressões teve o intuito de corrigir as falhas com aspecto de uma depressão, denominadas “*sinks*”. Com estes dados preenchidos é gerada a Direção de Fluxo, que indica o comportamento da água em um pixel em relação a seus vizinhos. Esta direção foi obtida por meio da função “*flowdirection*” utilizando o método D8, que gera uma grade regular onde cada ponto apresenta um valor referente a uma direção entre oito direções. A partir da Direção de Fluxo é gerado o Fluxo Acumulado, que apresenta um valor relativo à quantidade de pixels que colaboram à montante dele. Com este fluxo foi possível extrair automaticamente os vetores referentes à drenagem (OLIVEIRA, *et al.* 2007).

A etapa posterior foi a definição do exutório, que nesse caso é o ponto aproximado em que o rio São Bartolomeu desagua rio Corumbá. Após o processamento desses dados, os limites da bacia hidrográfica são interpolados e gerados automaticamente.

3.3.3. *Delimitação das unidades geomorfológicas para a subdivisão da bacia hidrográfica*

A partir dos dados de altimetria do MDE tratados foram gerados parâmetros morfométricos derivados, neste caso a declividade e a curvatura mínima. Estas variáveis foram integradas através de composição colorida R/G/B, Altimetria / Declividade / Curvatura mínima. Essa técnica realça as feições do relevo permitindo a sua interpretação com maior facilidade e com o máximo de informações possíveis na imagem. Após a geração dessa

composição colorida, foi realizada a vetorização digital em tela, considerando cor, forma e textura.

3.3.4. *Delimitação das subdivisões da bacia hidrográfica*

A delimitação de cada subdivisão passou pelo mesmo processo da delimitação automática da bacia hidrográfica, variando os exutórios das subdivisões. Essas subdivisões foram obtidas por meio da indicação de um limite arbitrário sobre as unidades geomorfológicas. Após essas indicações, foi realizada a interpretação visual dos padrões de relevo presentes em toda extensão da bacia.

3.4. Resultados e Discussão

3.4.1. *Resultados Delimitação das unidades geomorfológicas e subdivisão da bacia hidrográfica*

De acordo com a composição colorida, foram identificadas áreas vermelhas, que corresponderam a altas altitudes e pouca variação de declividade (Figura 22). As regiões verdes corresponderam a altas declividades. A cor magenta correspondeu á interação entre a altimetria e curvatura mínima. As áreas azuis representaram as porções mais baixas e planas do relevo.

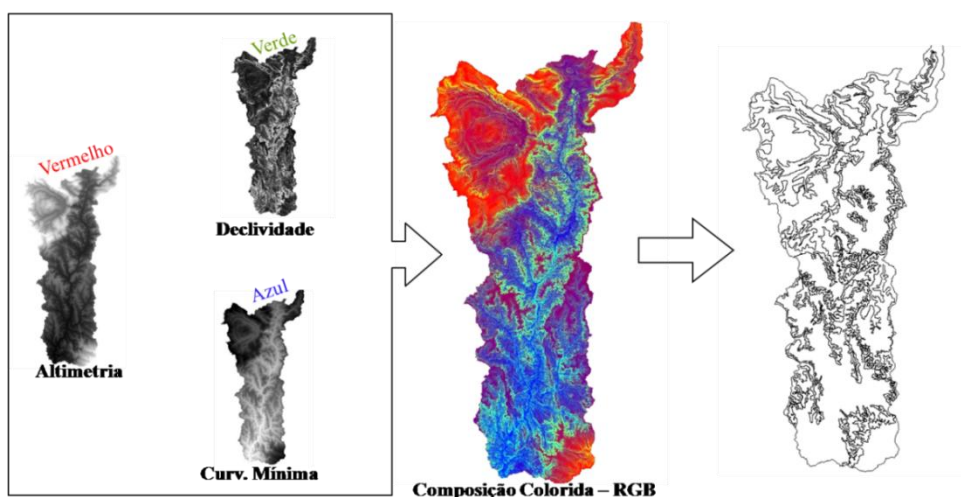


Figura 22. Etapas da elaboração do mapa geomorfológico: - esquerda para direita - parâmetros morfométricos; composição colorida dos parâmetros morfométricos – altimetria (vermelho), declividade (verde) e curvatura mínima (azul); vetores (polígonos) gerados com base na composição colorida.

Considerando a composição colorida foram delimitadas seis unidades geomorfológicas (Figura 23): Chapadas (CHP), Frentes de Recuo Erosivo 1 e 2 (FRE), Rampas de Colúvio (RC), Mesas (MS) e Depressão Dissecada (DD). As Chapadas encontraram-se na porção mais elevadas e planas do relevo. As Frentes de Recuo Erosivo foram relacionadas às áreas com as maiores declividades. As Rampas de Colúvio representaram as áreas de depósito de material erodido das Chapadas. As Mesas corresponderam aos relevos remanescentes e de topo plano rodeado pelas Frentes de Recuo Erosivo. As Depressões Dissecadas corresponderam às regiões planas encontradas, nas partes mais baixas do relevo.

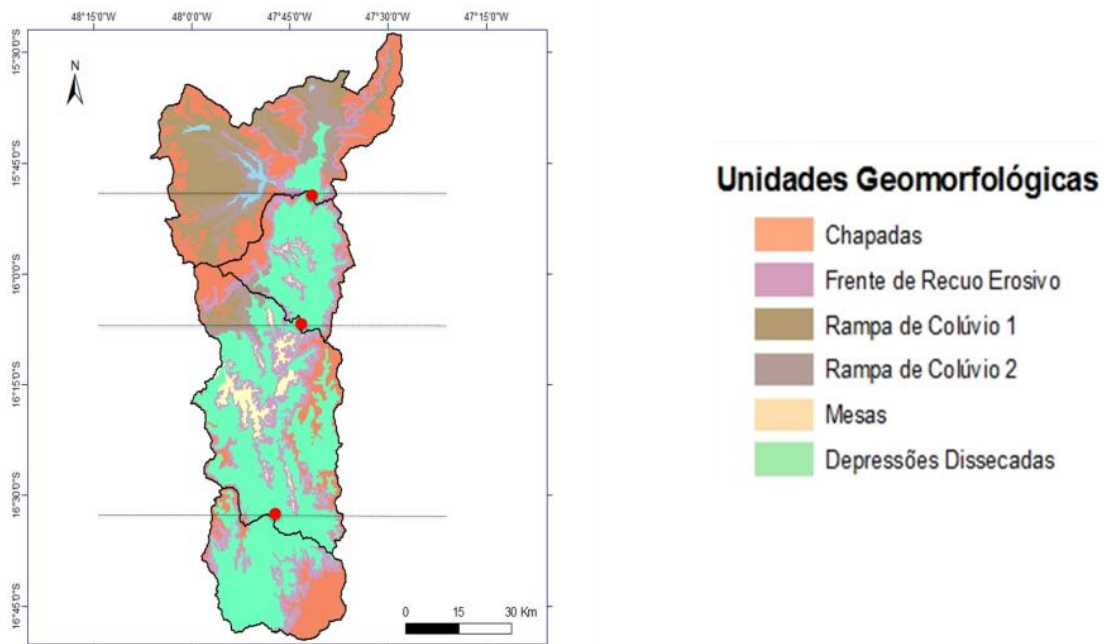


Figura 23. Mapa das Unidades Geomorfológicas com linhas arbitrárias separando padrões e exutórios.

Foram traçadas linhas arbitrárias no cruzamento das unidades geomorfológicas e as drenagens, possibilitando em quatro subdivisões:

- *Alto São Bartolomeu*: apresenta um padrão do relevo plano com o predomínio de CHP e RC. As FRE aparecem no limite entre as chapadas e a rampas de colúvio e apresentam maiores declividades.

- *Médio-alto São Bartolomeu*: mostra um predomínio de DD, com relevo acidentado e alguns remanescentes de mesas. Os limites laterais são chapadas, apresentam relevo plano.
- *Médio São Bartolomeu*: está na porção da bacia com maior predomínio de MS. Esses remanescentes de chapadas com topo plano são rodeados por FRE e DD. Aparecem algumas RC extensas com relevo plano a suave-ondulado na parte norte dessa subdivisão.
- *Baixo São Bartolomeu*: apresenta uma grande área de CHD referente ao domo de Cristalina. Concomitantemente, tem uma área de DD que guarda os pontos mais baixos da bacia.

Os resultados indicaram que a subdivisão do Médio São Bartolomeu apresentou a maior área entre as demais (Tabela 5, Figura 24). Esta porção exibiu os valores altimétricos e de declividade muito semelhantes ao Médio-Alto. Foram separados devido à quantidade e o tamanho das Mesas. A média da altimetria é de 926 m, com concentração nos valores abaixo dos 1000 m (Figura 25).

Tabela 5. Estatística descritiva das subdivisões e da bacia do São Bartolomeu.

Subdivisão	Área (km ²)	Altitude (m)			Declividade (°)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Alto	1853,7	1087,48	1307	870	2,95	23,95	0
Médio-Alto	752,21	956,16	1218	824	4,72	25,04	0
Médio	1960,7	926,39	1259	764	4,01	25,21	0
Baixo	918,42	911,51	1254	736	4,55	29,24	0
Bacia São Bartolomeu	5485,03	982,32	1307	736	3,84	29,24	0

Por apresentar um relevo predominantemente plano e suave ondulado, o Alto exibe a menor média de declividade (2,95°) (Tabela 5). Ao mesmo tempo, devido às condições geológicas, a média da altimetria é a mais elevada entre as subdivisões (1087 m), encontrada

nas bordas desta subdivisão (Figura 24). A distribuição de frequência evidenciou uma concentração altimétrica entre 1000 e 1200 metros (Figura 25).

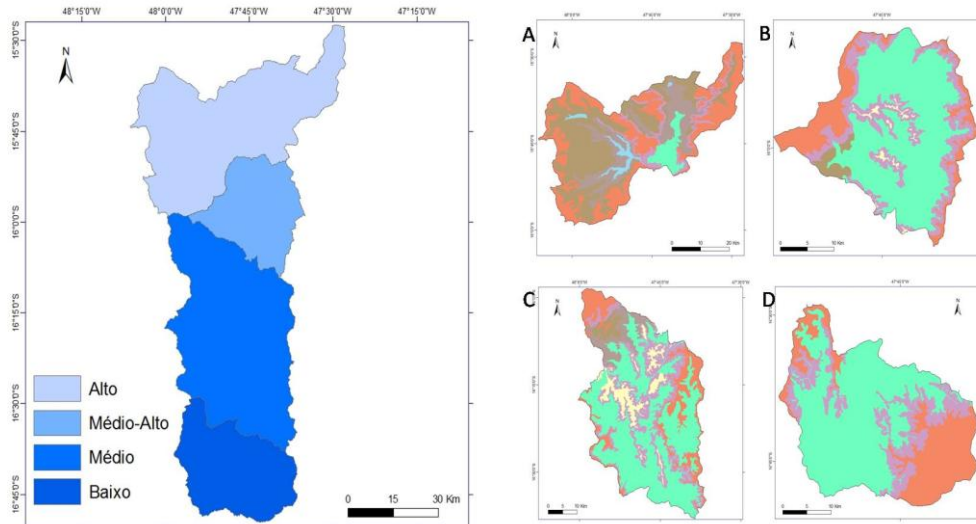


Figura 24. Resultado da subdivisão da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu e padrões de geomorfológicos nas subdivisões: A) Alto; B) Médio-alto; C) Médio ; D) Baixo.

O Médio-alto apresenta a maior média de declividade ($4,72^\circ$), influenciado pela área (Tabela 1). Essa subdivisão é a menor entre as subdivisões, sendo diferenciada do alto pelos padrões geomorfológicos distintos (Figura 24) e possuindo altitude média de 956 m (Figura 25).

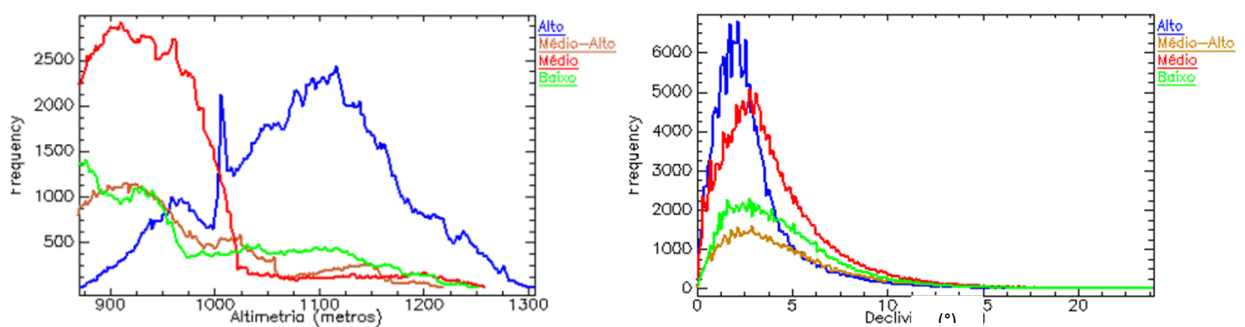


Figura 25. Histogramas de frequência de altimetria (esquerda) e declividade (direita) das subdivisões caracterizadas.

No Baixo São Bartolomeu foram observados dois ambientes dominantes (Figura 5): Depressão e o Domo de Cristalina. A distribuição desta subdivisão indicou que os valores estão concentrados abaixo de 950 metros de altitude, porém, com ocorrência de valores entre 1000 e 1200 m (Figura 25).

3.5. Conclusão

A subdivisão de bacia hidrográfica foi realizada considerando a importância do planejamento para as atividades humanas. A bacia de drenagem é utilizada como a principal unidade de gestão territorial. Entretanto, devido a heterogeneidade na paisagem de algumas bacias existe uma dificuldade de gestão.

Após a elaboração do mapa geomorfológico foi possível propor uma subdivisão para a bacia estudada. Foram observados alguns padrões na distribuição dos compartimentos geomorfológicos em toda a bacia. A área de estudos apresentou uma heterogeneidade na paisagem. Portanto, os padrões da distribuição do relevo foram utilizados para a subdivisão da bacia em partes mais homogêneas. O Alto com padrões de chapadas, o Médio-Alto com chapadas nas laterais e uma depressão dissecada predominante, o Médio com uma grande quantidade de remanescentes de chapadas com topo plano e o Baixo com a depressão e o domo de Cristalina.

Espera-se que os dados apresentados neste auxiliem pesquisas que visem elaboração de políticas públicas com foco na gestão dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política nacional de recursos hídricos [OnLine] <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 01 nov. 2012.

CARVALHO JUNIOR, O.A.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F; CARVALHO, A.P.F. Compartimentação Geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros baseada em técnicas de geoprocessamento. **Documentos-CPAC**. n. 34, 18 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2001.

COUTO JUNIOR, A.F.; VASCONCELOS, V.; CARVALHO JUNIOR O.A ;MARTINS, E.S. Integração de parâmetros morfométricos e imagem ASTER para a delimitação das fitofisionomias na Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 57-68. 2010.

GUERRA, A.T., GUERRA. A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

HUTCHINSON, M.F. A new method for gridding elevation and streamline data with automatic removal of pits. **Journal of Hydrology** v. 106, p. 211-232. 1988.

MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. **Documentos-CPAC**. n. 121, 33 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2004a.

MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. **Documentos-CPAC**. n. 122 57 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2004b.

MIRANDA, E.E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JR, O.A.; SILVA, T.M.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; GUIMARÃES, R.F.; SILVA, N.C. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.8, n.1, p.3-21, 2007

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.

SILVA, F.J. et al. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v.33, p.536-548, 2006.

SILVA, J.M.C.; BATES, J.M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B.; AYRES, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 1, p. 46-57. 2010.

VASCONCELOS, V.; MARTINS, E.S.; REATTO, A.; COUTO JUNIOR, A.F.; CARVALHO JUNIOR O.A.; SANTOS, W.C.; LIMA, L.A.S.; CASTRO, K.B.; XAVIER, D.; PASSO, D.P.; GOMES, R.A.T. Caracterização de uma Topossequência no Parque Nacional da Serra da Canastra-MG. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento-CPAC**. n. 277, 69 p. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2010.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento geomorfológico de uma bacia hidrográfica permite uma melhor compreensão da paisagem. Estudos relacionados ao mapeamento do relevo proporcionam avanços no conhecimento das relações dos elementos formadores da paisagem e oferecem subsídio para planejamentos futuros.

O conceito de paisagem, assim como a localização espaço-temporal do relevo em relação aos demais fatores da paisagem foram apresentados objetivando a contextualização do tema da monografia (Capítulo 1). Da mesma forma, foram apresentados alguns estudos relacionados ao mapeamento geomorfológico e ao estudo de relevo no bioma Cerrado, a fim de consolidar os principais conceitos abordados sobre o tema neste trabalho.

Com os principais conceitos de paisagem apresentados, a área de estudo foi caracterizada com base na literatura. A partir dessa caracterização foi realizada uma compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do São Bartolomeu baseada em dados derivados de imagem altimétrica oriunda de sensores orbitais (Capítulo 2). Com base no mapa geomorfológico foi possível produzir um mapa de processos morfogenéticos, espacializando a dinâmica atuante no relevo local.

Após a elaboração do mapa geomorfológico foi possível propor uma subdivisão para a bacia estudada (Capítulo 3). Foi observado alguns padrões na distribuição dos compartimentos geomorfológicos em toda a bacia. A área de estudos apresentou uma heterogeneidade na paisagem. Portanto, os padrões da distribuição do relevo foram utilizados para a subdivisão da bacia em partes mais homogêneas.

Espera-se que os dados apresentados na presente monografia incorporem o conjunto de dados relacionados ao estudo da paisagem da ecorregião do Planalto Central, especialmente na região do Distrito Federal e entorno, auxiliando pesquisas que visem elaboração de políticas públicas com foco na gestão dos recursos naturais.

4.1. Perspectivas para a Gestão dos Recursos Naturais

O presente trabalho apresenta dados e procedimentos metodológicos relevantes para a gestão dos recursos naturais. A caracterização da paisagem é essencial para a elaboração de políticas públicas e projetos de planejamento. A compartimentação geomorfológica realizada no Capítulo 2 representa a elaboração de dados primários que oferecem conhecimento acerca da composição e dinâmica da paisagem na área de estudo. Ao mesmo tempo, apresenta metodologias atuais de processamento digital de imagem para o mapeamento das unidades geomorfológicas. Essas metodologias se mostraram eficientes e céleres para o mapeamento do relevo, o que pode facilitar o processo de diagnóstico ambiental de um projeto de gestão dos recursos naturais.

A distribuição espacial dos padrões de relevo pode determinar a dinâmica da cobertura das atividades humanas relacionadas ao uso da terra. Deste modo, os produtos desta monografia podem ser utilizados no estudo da evolução das atividades antrópicas explicando padrões e organizando futuras ocupações por meio de planejamento.

O Capítulo 3 apresentou uma proposta de subdivisão de bacia hidrográfica, considerando a importância do planejamento para as atividades humanas. A bacia de drenagem é utilizada como a principal unidade de gestão territorial. Entretanto, devido a heterogeneidade na paisagem de algumas bacias existe uma dificuldade de gestão. Portanto, foi proposta uma subdivisão para a área de estudo com base nos padrões de relevo. Assim, espera-se facilitar os projetos de gestão dos recursos naturais nas subdivisões por apresentarem ambientes mais semelhantes o homogêneos em relação à bacia por completo.

A gestão dos recursos naturais requer uma análise sistêmica com uma visão holística dos aspectos envolvidos. Portanto, espera-se que essa monografia seja utilizada como fonte de dados de projetos futuros.

4.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir dessa monografia surgem propostas para futuros trabalhos:

- Análise da relação entre as unidades geomorfológicas e a dinâmica da cobertura da terra;
- Análise dos padrões de uso da terra nas diferentes subdivisões da bacia;
- Mapeamento das formas do terreno da bacia em comparação às formas inseridas nas unidades geomorfológicas;
- Mapeamento das superfícies de aplainamento da bacia hidrográfica utilizando sensoriamento remoto;
- Avaliação da erosão por meio da Equação Universal de Perda de Solos.

4.3. Apresentação de Defesa da Monografia

A defesa deste Trabalho de Conclusão de Curso foi realizada em 01 de Março de 2013. A apresentação (Figura 26) está disponível no seguinte endereço eletrônico:

<http://prezi.com/user/senasouza/>



Figura 26. Apresentação de Defesa da Monografia.