



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS DE TERRENO E A SUA RELAÇÃO COM
OS SOLOS DO CHAPADÃO DO ZAGAIA, SERRA DA CANASTRA - MG**

Vinicius Vasconcelos

Brasília-DF

2011



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS DE TERRENO E A SUA RELAÇÃO COM
OS SOLOS DO CHAPADÃO DO ZAGAIA, SERRA DA CANASTRA - MG**

Vinicius Vasconcelos

Orientador: Osmar Abílio de Carvalho Junior.

Co-orientador: Éder de Souza Martins

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: Agosto/2011

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**CLASSIFICAÇÃO DAS FORMAS DE TERRENO E A SUA RELAÇÃO COM
OS SOLOS DO CHAPADÃO DO ZAGAIA, SERRA DA CANASTRA - MG**

Vinicius Vasconcelos

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de mestre em Geografia, área de concentração em Gestão Ambiental e Territorial, opção acadêmica em Geoprocessamento.

Aprovado por:

Osmar Abílio de Carvalho Junior, Doutor (Universidade de Brasília - UnB)
(Orientador)

Éder de Souza Martins, Doutor (Embrapa Cerrados - CPAC)
(Co-Orientador)

Renato Fontes Guimarães, Doutor (Universidade de Brasília - UnB)
(Examinador Interno)

Leonardo José Cordeiro Santos, Doutor (Universidade Federal do Paraná - UFPR)
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 08 de Agosto de 2011

CESSÃO DE DIREITOS

É concedida À Universidade de Brasília, permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósito acadêmico e científico. O Autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

VINICIUS VASCONCELOS

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília. Acervo 991674.

Vasconcelos, Vinicius.
V331c Classificação das formas de terreno e a sua relação com os solos do Chapadão do Zagaia, Serra da Canastra - MG / Vinicius Vasconcelos. -- 2011.
xii, 91 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2011.
Inclui bibliografia.
Orientação: Osmar Abílio de Carvalho Junior ; co-orientação: Éder de Souza Martins.

1. Relevo. 2. Solos - Classificação. 3. Geomorfologia.
I. Carvalho Junior, Osmar Abílio de. II. Martins, Éder de Souza. III. Título.

CDU 551.4

DEDICATÓRIA

Dedico essa contribuição ao meu pai, João Batista de Souza
(*in memoriam*) e a ofereço à Augusta, Marcia, Laura e
Caique Vasconcelos

AGRADECIMENTOS

Foi preciso para a realização desse trabalho a atuação de vários colegas e amigos. Desta forma, agradeço à(s)/ao(s):

- Dr. Eder de Souza Martins, meu mentor e amigo que não só me ensinou os caminhos da pedologia, mas também compartilhou sua sabedoria de vida. Não poderia deixar de agradecer a sua família sempre tão acolhedora e paciente durante as longas horas de orientação.
- Dr. Osmar Abílio de Carvalho Junior pela suas orientações certeiras nas horas mais obscuras. Agradeço muito a oportunidade de trabalhar com esse pesquisador.
- Dr. Antônio Felipe Couto Junior, um grande amigo que sempre me instigou a ter um olhar científico diante da minha criação.
- Dr. Renato Fontes Guimarães, por fazer parte da composição dessa banca, e por ter sido o primeiro professor que me fez ter um olhar curioso diante do mundo das geotecnologias.
- Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, que abriu as portas do Laboratório de Sistema de Informações Espaciais – LSIE me dando a oportunidade de fazer parte dessa equipe.
- Dr. Leonardo José Cordeiro Santos pela sua gentileza de compor a minha banca examinadora.
- Dr. Adriana Reatto por compartilha seus conhecimentos pedológicos principalmente com relação à descrição dos perfis de solos.
- Embrapa Cerrados, pela análise química e física dos solos. Agradeço aos colegas: Larissa, Kassia, Wellington, Fernanda, Daniela, Denílson, Roberta, Lucas, Delvico, Bacana, Zebra e Nelson.
- Embrapa Solos, pela análise de mineralógica. Agradeço ao Dr. Sebastião Barreiros Calderano por acompanhar as minhas amostras.
- Parque Nacional da Serra da Canastra – PNSC pela autorização de realizar essa pesquisa dentro dos seus limites e pela logística de campo. Em especial agradeço à Silvia, Paola, Luciano, Joel e José.
- Amigos que tanto me ensinaram: Leonardo Freitas, Julia Shimbo, Sandro Oliveira, Marcus Fábio e Kátia Back, Leandro Arrais.
- CNPq pela bolsa de pesquisa durante esses dois anos.
- Luciana Stoimenoff pelo seu companheirismo, paciência e cuidado tornando as horas mais difíceis, simples barreiras a serem ultrapassadas. Agradeço ainda pela ajuda na formatação dessa dissertação.

RESUMO

O presente trabalho propõe uma nova metodologia para classificar as Formas de Terreno e os Elementos das Formas de Terreno e correlacioná-los com os solos do Chapadão do Zagaia na Serra da Canastra - MG. O método é composto por duas etapas, que se organizam dentro de uma estrutura hierárquica conforme as ordens de grandezas das feições de relevo. A primeira etapa consiste na detecção das feições predominantes caracterizadas pelos atributos de altimetria e declividade (Ambientes Geomorfológicos). A segunda etapa consiste na utilização das classes identificadas na primeira etapa como subconjuntos para a obtenção dos Compartimentos do Relevo e das Formas do Relevo a partir de uma imagem de curvaturas com seis canais: 1-Vertical, 2- Longitudinal, 3- Secção Cruzada, 4-Mínima, 5-Máxima e 6- Horizontal. Para gerar os Compartimentos e Formas, a imagem é submetida às seguintes etapas (a) redução da dimensão espectral (b) redução da dimensão espacial e identificação das assinaturas geomorfométricas. O método de classificação espectral utilizado é o *Spectral Angle Mapper* (SAM). A partir de uma pedossequência de solos é observado a relação entre os Compartimentos do Relevo e suas respectivas Formas. Os solos do Chapadão do Zagaia apresentam características químicas eletropositivas, altos teores de gibbsita que aumentam em direção aos solos hidromórficos na base da pedossequência. Essa relação mineralógica é incomum em ambientes hidromórficos o que sugere uma inversão de relevo. A morfogênese corrobora essa interpretação pelos abatimentos do terreno promovidos por erosão subsuperficial (*piping*) e conseqüente colúviamiento.

Palavras-Chave: assinatura geomorfométrica; Formas de Terreno; Elementos da Forma de Terreno; *piping*; gibbsita; colúvio.

ABSTRACT

This work proposes a new methodology for classifying Landforms and Landforms Elements to correlate with the soils of *Chapadão do Zagaia* in the *Serra da Canastra - MG*. The method consists of two steps, which are organized in a hierarchical structure according to orders of magnitude of the relief features. The first step is to detect the predominant features characterized by the terrain attributes, altitude and slope (geomorphic environments). The second step uses the classes identified in the first step as subsets to obtain the Relief Compartments and the Relief Forms from an image of curvature with six channels: 1-Profile, 2-Longitudinal, 3- Cross-Section, 4-Minimum, 5-Maximum and 6- Plan. To generate the Forms and Compartments, the image undergoes the following steps (a) reduction of the spectrum size (b) reduction of the spatial size and identification of geomorphometric signatures. The method of spectral classification used is the Spectral Angle Mapper (SAM). This methodology combined with pedological information, makes possible to clarify the relationship between relief and soil. It is observed from a pedosequence of soil the relationship between the Compartments and the Relief Forms. Soils of the Chapadão do Zagaia have electropositive characteristics, high levels of gibbsite which increase towards the hydromorphic soil, at the pedosequence base. This mineralogy is unusual in a hydromorphic environment what suggest a relief inversion. The morphogenesis supports this interpretation by terrain collapses promoted by subsurface erosion (piping) and subsequent colluvial deposition.

Keywords: geomorphometric signature; Landforms; Landforms Elements; gibbsite; piping; colluvial deposits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seis Feições Morfométricas obtidas a partir da análise dos vizinhos próximos (Wood, 1996).	14
Figura 2 - Evolução dos etchplanos conforme Thomas (1994).	16
Figura 3 - Localização do Chapadão do Zagaia	18
Figura 4 - Fluxograma da metodologia proposta para identificação das unidades geomorfológicas e da pedossequência de solos.	21
Figura 5 - Composição Colorida de Altimetria (R), Declividade (G) e Mínima Curvatura.	24
Figura 6 – Elementos das Formas de Terreno conforme Evans (1979) utilizando curvatura vertical e horizontal (à esquerda) e Formas de Terreno conforme Wood (1996) a partir das curvaturas Longitudinais, Secional Cruzada e Mínima e Máxima (à direita).	25
Figura 7 - Exemplo de assinatura geomorfométrica da relação EFTs com as FTs.	26
Figura 8 - Extensos campos Limpos úmidos com Murundus.	27
Figura 9 - Localização da pedossequência no CZ.	28
Figura 10 – Classes (C) determinadas a partir de Árvore de Decisão.	29
Figura 11 - Compartimentação do Relevo.	30
Figura 12 - Compartimentação do Relevo e Formas do Relevo.	31
Figura 13- Assinatura Geomorfométrica das Chapadas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C).	33
Figura 14 – Exemplos de transição entre as Bordas CX-CX e as Bordas CX-RT e respectiva composição colorida Altimetria (R) Declividade (G) Mínima Curvatura (B).	34
Figura 15 - Assinatura Geomorfométrica das Colinas e Bordas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Topossequência Média das Formas do Relevo (D).	34
Figura 16 - Exemplo de transição entre Colinas CX-RT e Bordas CX-RT e respectiva composição colorida Altimetria (R) Declividade (G) Mínima Curvatura (B).	35
Figura 17- Assinatura Geomorfométrica das Depressões e Encostas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Topossequência Média das Formas do Relevo (D).	36
Figura 18- Assinatura Geomorfométrica dos Colos (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Topossequência Média das Formas do Relevo (D).	38
Figura 19- Exemplo de descontinuidade abrupta entre bordas e colinas (à esquerda) e descontinuidade suave entre colinas, colos e Depressão de Cabeceira (à direita)	40
Figura 20- A distribuição dos espectros em uma sequência linear mostrando a variação do relevo pixel a pixel.	41
Figura 21 - Localização e trajetória dos perfil e perfil topográfico da pedossequência elaborado a partir do MDT mostrando a disposição dos perfis P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10.	42
Figura 22 - Paisagem característica do CZ (à esquerda) e transição abrupta entre Cerrado Sentido Restrito e Campos Limpo (à direita).	43
Figura 23- Espécie de cerrado sentido restrito da família Vochisiaceae (esquerda) e Cerrado Sentido Restrito Denso associado aos Latossolos (direita).	44
Figura 24 - Ilustração esquemática dos perfil 1, 2, 3 da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.	46
Figura 25– Amostra do horizonte BC do Perfil 1 apresentando vários orifícios cilíndricos atribuídos a atividade biológica.	47

Figura 26- Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw1, Perfil 1) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	47
Figura 27 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw2, Perfil 2) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	48
Figura 28– Atividade Biológica em uma amostra do horizonte Bw1.	48
Figura 29 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw3, Perfil 3) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	49
Figura 30 - Ilustração esquemática dos perfis 7 e 8 da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.	50
Figura 31 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw4, Perfil 7) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	51
Figura 32– Amostra de Bw1 do perfil 7 (LVw4) com mosqueados vermelhos com cor de 1,5 YR 4/8.	51
Figura 33- Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw5, Perfil 8) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	52
Figura 34– Antigas casas de cupins observadas no horizonte BA do Perfil 8.	52
Figura 35 - Campos Limpo de cerrado associado aos Cambissolos e ao fundo Cerrado Sentido Restrito em ambiente de transição.	53
Figura 36 - Ilustração esquemática da organização dos horizontes dos perfis 4 (CXbd), 5 (CHd1) e 6 (CHd2) da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.	55
Figura 37– Perfil de Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (CXbd, Perfil 4) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	56
Figura 38- Influência da atividade biológica no horizonte A Proeminente (A e B) e em um fragmento de saprólito (C) no perfil 4.	56
Figura 39– Perfil de Cambissolo Húmico Distrófico latossólico (CHd1, Perfil 5) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	57
Figura 40 – Perfil de Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico (CHd2, Perfil 6) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	58
Figura 41– Ilustração esquemática demonstrando a morfologia da face e da sua lateral com a entrada de solum no horizonte Cr (foto A e B).	58
Figura 42 - Campos Limpo úmido com murundu (à esquerda) e abertura do perfil 9 de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico entre murundus associados aos Gleissolos (à direita).	59
Figura 43- Ilustração esquemática da organização dos horizontes dos perfis 9 (GXb1) e 10 (GXbd2) da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em cm.	61
Figura 44- Perfil de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GXbd1, Perfil 9) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	62
Figura 45 - Perfil de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GXbd2, Perfil 10) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.	63
Figura 46 - Atividade de térmitas ao longo do Perfil 10.	63
Figura 47- Piping no perfil de solos (A), Voçoroca localizada em lineamento estrutural (B) e Abatimento do terreno (C) no CZ.	65
Figura 48- Saprólito caulínítico.	66
Figura 49 - Perfil esquemático do manto de intemperismo na Pedossequência de Solos com Solum sobre saprólito caulínítico, piping entre Solum e saprólito, colúvio e possível localização da Linha de Pedra (?).	67
Figura 50 - Proposta de evolução geomorfológica do CZ.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulas da Declividade e Curvaturas (Wood, 1996).....	23
Tabela 2 – Análise descritiva da Declividade (D) e da Altimetria (H) dos Ambientes Geomorfológicos.	29
Tabela 3 – Nomenclatura para o estudo da assinatura geomorfométrica na relação entre os Compartimentos e as Formas do Relevo.	32
Tabela 4 - Análise Descritiva da Altimetria (m) e Declividade (%).	39
Tabela 5 – Classificação dos solos dos perfis até o 3º Nível.....	42
Tabela 6 – Análises físico-químicas dos Latossolos da pedossequência de estudo no CZ.	45
Tabela 7 – Análise mineralógica dos horizontes diagnósticos dos Latossolos da pedossequência de estudo no CZ.	45
Tabela 8 – Análises físicas e químicas dos Cambissolos da pedossequência de estudo no CZ.	54
Tabela 9 - Análise mineralógica dos horizontes diagnósticos dos Cambissolos da pedossequência de estudo no CZ.	54
Tabela 10 – Análises físico-químicas dos Gleissolos da pedossequência de estudo no CZ.....	60
Tabela 11 – Análises mineralógicas dos horizontes diagnósticos dos Gleissolos da pedossequência de estudo no CZ.	60

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
1- INTRODUÇÃO	13
2 - ÁREA DE ESTUDO	18
3 – METODOLOGIA	21
3.1. AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM)	22
3.2. MÉTODO COMPUTACIONAL PARA A COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO E FORMAS DO RELEVO.	22
3.2.1. Classificação pelo Método de Composição Colorida e de Árvore de Decisão.	23
3.2.2. Classificação a partir de assinaturas geomorfométricas.	24
3.3. CARACTERIZAÇÃO DE UMA PEDOSSEQUÊNCIA DE SOLOS	27
4. RESULTADOS	29
4.1 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA.....	29
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PEDOSSEQUÊNCIA DE SOLOS	42
4.3.1 LATOSSOLOS	43
4.3.2 CAMBISSOLOS	52
4.3.3 GLEISSOLOS.....	58
5 - DISCUSSÃO	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS	74
ANEXOS.....	83
Anexo I.....	84
Anexo II.....	91

1- INTRODUÇÃO

Os estudos que relacionam solo e relevo necessitam de levantamentos pedológicos detalhados. No entanto, apesar da elevada qualidade, a abordagem convencional de levantamentos pedológicos apresenta elevados custos de tempo, recursos e equipe numerosa para a sua realização (LAGACHERIE, LEGROS e BURROUGH, 1995). Por outro lado, há uma crescente necessidade na obtenção de informação pedológica para o monitoramento ambiental e modelagem da paisagem (MINASNY, MCBRATNEY e LARK, 2008). Uma das respostas para essa demanda é o Mapeamento Digital de Solos (MDS), definido a partir de variáveis ambientais denominadas de *scorpan*ⁱ (MCBRATNEY, MENDONÇA-SANTOS e MINASNY, 2003), uma adaptação do conceito clássico dos fatores de formação do solo: clima, organismos, material de origem, tempo e relevo (JENNY, 1941). Desta forma, o MDS pode ser caracterizado pela criação de um sistema de informação pedológica a partir de modelos numéricos que relacionam a variação espacial e temporal dos tipos de solos, as suas propriedades, e os fatores de formação (LAGACHERIE e MCBRATNEY, 2007).

Dentre as várias formas de gerar um MDS, os atributos do terreno são parâmetros utilizados com sucesso para prever as propriedades e as classes dos solos (BEHRENS, FÖRSTER, *et al.*, 2005). As curvaturas, por exemplo, têm sido destacadas na literatura sobre a movimentação e a distribuição da água superficial (MOORE, GESSLER, *et al.*, 1993; PENNOCK, 2003), além da própria variabilidade espacial do solo (PARK e VLEK, 2002; LIN, WHEELER, *et al.*, 2005; SOUZA, CERRI, *et al.*, 2010). No Brasil, alguns procedimentos metodológicos foram propostos, com potencial para serem aplicados no estudo de solos, desenvolvidos para o mapeamento de curvatura horizontal (VALERIANO e CARVALHO JUNIOR, 2003) e de curvatura vertical de vertentes (VALERINO, 2003).

A observação das curvaturas como parâmetro da análise na identificação do tipo de solo é muito antiga. Aandahl (1948) foi o primeiro a reconhecer a influência das curvaturas de plano e de perfil na formação e distribuição dos solos. Troeh (1964) desenvolveu o primeiro método quantitativo para estimar curvaturas horizontais e verticais e relacioná-los com as propriedades dos solos. Em seguida definiu-se, por meio das curvaturas verticais e horizontais, uma combinação das primeiras Formas de

ⁱ *scorpan*: s - solos; c - clima; o - organismo; r - relevo; p - material de origem; a - tempo; n - posição geográfica

Terreno (FT) ou *landforms* para estudo de solos (PENNOCK, ZEBARTH e DE JONG, 1987).

As FTs consistem em um padrão de terreno que apresentam uma variação definida em escala, tamanho e forma, reconhecida em sua distribuição espacial, como colinas, planaltos, planícies, montanhas e vales (MACMILLAN e SHARY, 2009). Estes autores ainda consideram que a partir da subdivisão das FTs pode ser obtido os Elementos da Forma de Terreno (EFT) ou *landforms elements*, que são um conjunto de parcelas de um tipo de relevo relativamente homogênea em relação à forma (curvaturas de perfil e de plano), inclinação (declividade), orientação ou exposição (aspecto ou radiação solar) e posicionamento na paisagem.

Muitos dos primeiros esforços em subdividir as FTs em EFTs a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) são baseados exclusivamente na análise da forma local. Ou seja, desenvolver um conjunto de ferramentas que descrevem a geomorfometria geral de uma superfície a partir do reconhecimento automatizado de pontos específicos (COLLINS, 1975) para diferenciar às quadrículas em *pits* (todos os vizinhos mais elevados), os *peaks* (todos os vizinhos mais baixos), *channel* (os vizinhos nos dois lados opostos mais elevados), os *ridges* (vizinhos nos dois lados opostos mais baixos), *passes* (vizinhos nos dois lados opostos mais elevados e nas laterais ortogonais mais baixos) e *planes* (sem curvatura proeminente) (Figura 1).

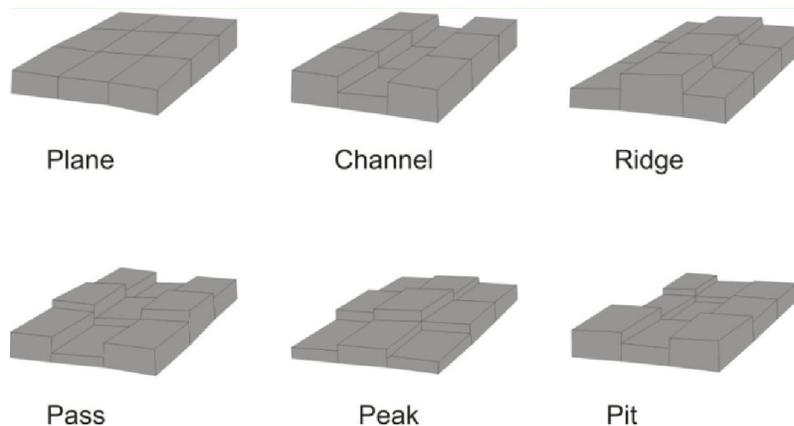


Figura 1 - Seis Feições Morfológicas obtidas a partir da análise dos vizinhos próximos (Wood, 1996).

Os recursos dessa abordagem são bem ilustrados por Wood (1996) que demonstra como os processos poderiam ser aplicados para extrair e classificar essas feições morfológicas por meio de uma hierarquia de escalas com janelas de dimensões

cada vez maiores. Autores como Dikau (1989), Wood (1996), Valeriano e Carvalho Junior (2003), e Smith, Zhu *et. al.* (2006) demonstram vantagens claras para a aquisição da curvatura em janelas móveis ainda que os valores de curvatura sejam geralmente calculados dentro de uma janela 3x3.

O tipo de curvatura que é mais apropriado para a determinação dos Elementos das Formas de Terreno (EFTs) irá depender, em parte, da natureza do relevo que está sendo modelado. É comum ser utilizados a curvatura vertical e horizontal (EVANS, 1979). Para a análise geomorfológica é importante a utilização da curvatura longitudinal, secções cruzada, mínima e máxima (WOOD, 1996).

As curvaturas verticais, longitudinais e secções cruzadas expressam o formato do terreno quando observado em perfil, e descreve a variação da declividade ao longo de uma determinada distância. Em caso de declividade próxima a zero utiliza-se as curvaturas mínimas e máximas (YOUNG, 1978), pois as curvaturas longitudinais, verticais e secções cruzadas permanecem indefinidas. A curvatura horizontal expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal e descreve a variação da orientação das vertentes que se traduz no caráter de divergência ou convergência das linhas de fluxo (VALERIANO e CARVALHO JUNIOR, 2003).

O processo metodológico proposto neste trabalho destaca a relação entre a primeira derivada (declividade) e a segunda derivada (curvaturas) em uma resposta espectral denominada assinatura geomorfométrica obtida pela subdivisão das classes identificadas da primeira derivada. Nesta abordagem a classificação do relevo é obtida por intermédio de espectros geomorfométricos gerado pela composição das imagens dos atributos de curvatura. De forma análoga ao agrupamento das imagens multibandas de sensores remotos, as seis imagens de curvatura do terreno são unidas estabelecendo para cada célula um espectro geomorfométrico, que permite caracterizar o ambiente em que está inserido.

Essa relação hierárquica apresenta correspondência aos seguintes níveis estabelecidos pelo IBGE: (1) Compartimentação do Relevo (*landforms*/Formas de Terreno) e (2) as Formas do Relevo (*landforms element*/Elementos das Formas de Terreno). Entretanto, a Compartimentação do Relevo e as Formas do Relevo não devem ser compreendidas como modelados, pois estes requerem uma explicação genética para a sua definição. De acordo com IBGE (2009) as Unidades Geomorfológicas são definidas por similaridade geomorfogenética explicada por

condição litológica, estratigráfica e estrutural (GERRARD, 1992; SAADI, 1998; FLORENZANO, 2008), condições hídricas e hidrogeológicas (DANIELS e HAMMER, 1992) e fatores paleoclimáticos (BIRKELAND, 1990).

Dentro desse contexto, o solo é uma representação do sistema de transformação pedológica da superfície geomórfica apropriados para interpretar a evolução das Formas do Relevo (MCFADDEN e KNUEPFER, 1990) indicando a variação temporal na dinâmica geomorfológica ao longo do tempo nos ambientes intertropicais, em que o grau de intemperismo está intimamente associado à história dos processos climáticos e, ou, tectônicos (THOMAS, 1994).

Os estudos de ordenação ambiental do espaço para integração da Paisagem (*Landschaft*) proposta por Büdel (1986) abarcam as relações climatogenéticas na formação do relevo. Thomas (1994) utiliza a abordagem de Büdel para conceituar a evolução dos Etchplanos: (A) Etchplanos Laterizados, superfícies planas cobertas por extensas formações de couraças e pouca incisão de drenagem; (B) Etchplanos Dissecados, resultantes da modificação de etchplanos laterizados formando bordas e vales bem definidos; (C) Etchplanos parcialmente denudados, fase seguinte à dissecção com denudação do saprólito profundo e remoção de grande parte da couraça e (D) Etchsuperfícies podem ser resultantes de soerguimento e/ou mudanças climáticas especialmente em regiões savânicas, onde frente de intemperismo é praticamente inexistente com relevo multi-convexo e afloramentos rochosos (Figura 2).

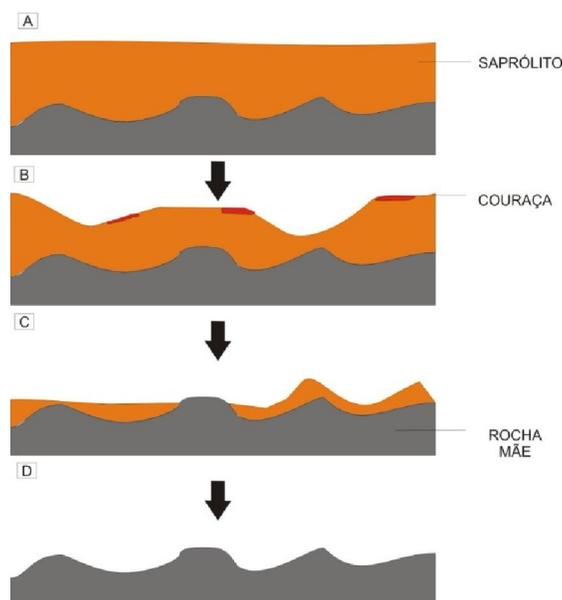


Figura 2 - Evolução dos etchplanos conforme Thomas (1994).

A preservação de etchplanos e o desenvolvimento de etchsuperfícies ainda são pouco compreendidos (MARTINS, CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2008). Em regiões de clima temperado as glaciações do Quaternário foram responsáveis pela retirada dos regolitos desenvolvidos em clima tropical mais antigo (BÜDEL, 1986; THOMAS, 1994). Por outro lado, em regiões tropicais, os relevos mais antigos preservados podem estar relacionados ao período entre o Cretáceo e o Terciário Superior, uma vez que em tempos glaciais a paisagem foi caracterizada pela diminuição da pluviosidade e da temperatura, mas não a ponto de formar geleiras (BÜDEL, 1986). O reconhecimento do intemperismo em condições tropical como agente morfogenético vem sendo estudado nas últimas décadas com importantes contribuições para a compreensão dos principais processos responsáveis pela evolução do relevo (BOCKHEIM, GENNADIYEV, *et al.*, 2005; NASCIMENTO e PERZ, 2003; BOULET, LUCAS, *et al.*, 1993; MCFARLANE e TWIDALE, 1987; LUCAS, CHAUVEL, *et al.*, 1984; BOCQUIER, ROGON, *et al.*, 1977).

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é classificar os FTs e EFTs para a caracterização da evolução geomorfológica baseado nas características pedológicas. Os objetivos específicos são os seguintes: (a) desenvolver um novo procedimento metodológico na detecção conjunta das FTs e dos EFTs; (b) construir de forma hierárquica a Compartimentação Geomorfológica e as Formas do Relevo; (c) descrever e analisar a organização dos solos de uma pedossequência; (d) relacionar os solos com a evolução do relevo; (e) mapear as Unidades Geomorfológicas.

2 - ÁREA DE ESTUDO

Segundo ICMBio (2005) a Serra da Canastra - SC pode ser dividida em dois compartimentos de relevo: o Chapadão do Diamante e o Chapadão do Zagaia. O Chapadão do Zagaia - CZ está localizada no estado de Minas Gerais entre os municípios de São Roque de Minas e Sacramento com cerca de 248,55 km² entre as coordenadas UTM (23S) 7.768.140,065 e 7.772.153,796 N – 297.995,131 e 331.167,371 L (Figura 3).

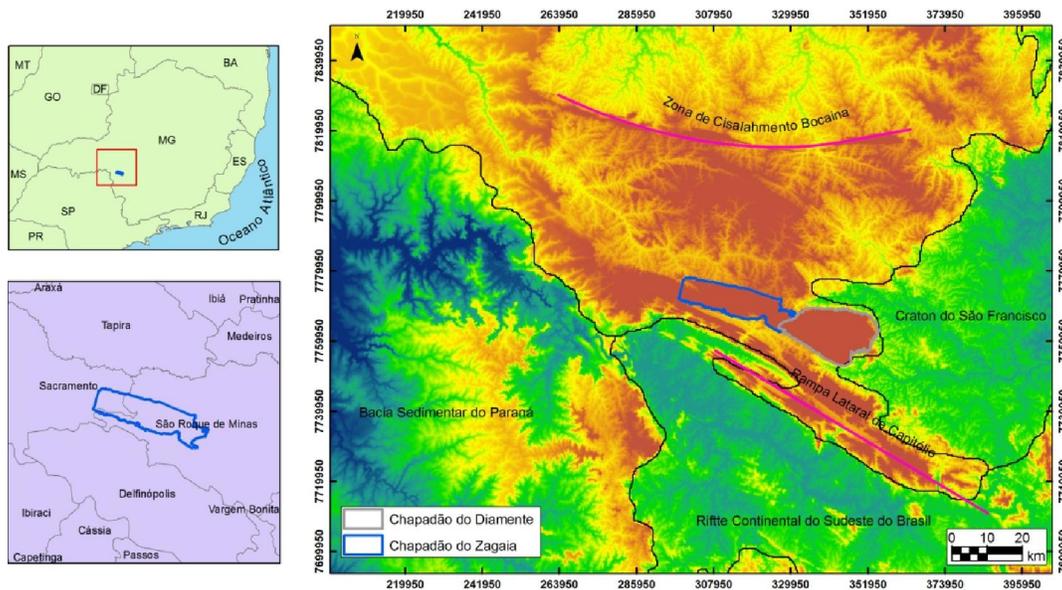


Figura 3 - Localização do Chapadão do Zagaia

É importante salientar, que o Chapadão do Zagaia está dentro de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, o Parque Nacional da Serra da Canastra – PNSC onde seus limites reservam as nascentes do Rio São Francisco, divisores entre as bacias do Rio Grande e São Francisco e uma pedodiversidade ainda pouco explorada.

A Faixa Brasília, onde se encontra o CZ, é um sistema orogênico Neoproterozóico situado entre os crátons Amazônicos e São Francisco, desenvolvidos no contexto dos eventos colisionais que culminaram da amalgamação do supercontinente Gondwana ao final do Neoproterozóico (ALMEIDA, 1977). A compartimentação tectônica é definida de leste para oeste, pelos terrenos que se acresceram à borda ocidental do Cráton do São Francisco iniciado a cerca de 900 Ma com a fragmentação do supercontinente Rodínia (VALERIANO, DARDENNE, *et al.*, 2004). Na sua margem ocidental se depositaram os grupos Canastra, Ibiá, Paranoá, Vazante, Bambuí, Araxá e Andrelândia. O CZ compreende uma região no Grupo

Canastra entre a Rampa lateral de Capitólio e a zona cisalhamento de Bocaina com compartimentação tectônica denominada Domínio Externo (VALERIANO, ALMEIDA, *et al.*, 1995).

Nos estudos de Saadi (1991) as serras da região estão inseridas no Compartimento Morfoestrutural Corredor Campo do Meio caracterizada por uma série de cristas alongadas e vales paralelos alternados na direção NW-SE decorrente de uma zona de cisalhamento com falhas assimétricas nos flancos S e N. Essa região possui um predomínio de quartzitos nas bordas e filitos no centro oriundos do Grupo Canastra, mas apresenta forte correspondência estrutural do Grupo Araxá. Braun e Baptista (1978) referem-se a SC como sendo formada por blocos erguidos por falhamento inversos e reativados em alguns lugares por transcorrência.

A região segundo Brasil (1983) é parte do domínio Morfoestruturas dos remanescentes de cadeias Dobradas composto pelo subdomínio da Região dos planaltos da Canastra separando-se em duas Unidades: Patamares da Canastra e Serras. Este domínio integra conjuntos de modelado resultantes da exumação de estruturas dobradas ao longo de vários ciclos geotectônicos. Ross (2006) considera que a SC está inserida dentro da morfoestrutura dos planaltos e serras de Goiás-Minas, associada à faixa Brasília de dobramento com serras residuais das antigas dobras com alinhamento de cristas sustentadas com frequência por rochas metamórficas. Ele atribui a essa região formas de relevo como os morros alongados e cristas em anticlinais e em sinclinais.

De acordo com Ab'Saber (1970), a região pertence ao domínio dos chapadões tropicais interiores com Cerrados e Matas de Galeria. Apresentam espécies das seguintes famílias: Fabaceae, Mimosaceae, Eriocaulaceae, Orchidaceae, Myrtaceae e Malpighiaceae (ROMERO e NAKAJIMA, 1999). Couto Junior, Souza *et al.* (2010) classificam as fitofisionomias da serra como Campo Sujo, Campo Limpo, Cerrado Sentido Restrito, Ambientes Rupestres, Vegetação Hidromórfica.

O clima regional é caracterizado pela sazonalidade, com chuvas no verão e inverno seco. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18° C e a do mês mais quente não ultrapassa 22° C (ICMBIO, 2005). Segundo Souza (1993), a área apresenta características de pluviosidade anual entre 1.000 e 1.500 mm. O trimestre de dezembro a fevereiro, além de mais chuvoso, é o de maior excedente hídrico e o de escoamento superficial mais ativo. Além disso, a porção do alto São Francisco está embutida na

região de clima Tropical do Brasil Central, onde predominam temperaturas sub-quentes e clima semi-úmido com quatro a cinco meses secos (ANA, 2002).

3 – METODOLOGIA

O presente trabalho conjuga tanto a classificação das formas do relevo a partir do processamento digital de MDE, como também, os processos de sua formação considerando o estudo de pedossequências. As etapas metodológicas apresentam-se esquematizadas conforme a Figura 4. As etapas de processamento digital do MDE são compostas pela aquisição, pré-processamento e classificação da imagem SRTM. Com o propósito de compreender os processos geomorfológicos das formas mapeadas foi definida uma pedossequência representativa onde foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas.

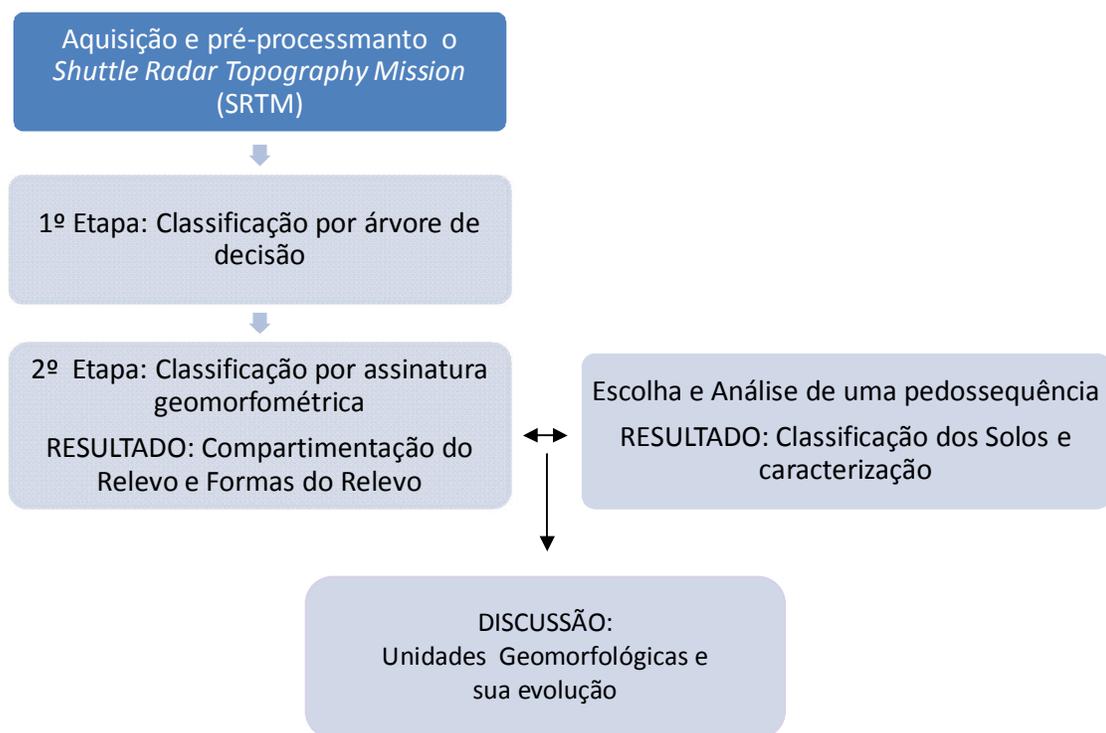


Figura 4 - Fluxograma da metodologia proposta para identificação das unidades geomorfológicas e da pedossequência de solos.

3.1. AQUISIÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM)

A Interferometria de Radar de Abertura Sintética é um grande avanço na aquisição de dados topográficos (ROSEN, HENSLEY, *et al.*, 2000). A missão SRTM utilizou a Space Shuttle Endeavour em fevereiro de 2000 com dois radares de abertura sintética relativos a banda C (5,6 cm; C-RADAR) e a banda X (3,1 cm; X-RADAR) (FARR, ROSEN, *et al.*, 2007). Os dados topográficos foram adquiridos de um sobrevoo único que abrange 80% da superfície terrestre em apenas 11 dias, entre as latitudes 60 ° N e 57 ° S. O sistema de aquisição de dados contínua (dia e noite, com cobertura de nuvens) garantiu a obtenção de dados homogêneos de todo o mundo, tornando o SRTM uma importante ferramenta para estudos da superfície terrestre (VAN ZYL, 2001; RABUS, EINEDER, *et al.*, 2003). Os modelos tridimensionais apresentam duas resoluções espaciais relativos a um arco sec (30 metros) e 3 arc sec (90 metros) com datum WGS84 horizontal e vertical e precisão vertical da ordem de 5 metros (SMITH e SANDWELL, 2003).

Apesar da alta qualidade dos dados SRTM, eventualmente, persistem algumas limitações, especificamente: (a) falta de dados em algumas áreas (vazios); (b) presença de picos e de vórtices; (c) e má definição dos corpos d'água e das linhas de costas (JARVIS, RUBIANO, *et al.*, 2004; LU, RYKHUS, *et al.*, 2004; RABUS, EINEDER, *et al.*, 2003). Para detectar possíveis valores ruidosos foi aplicado o seguinte procedimento (GUIMARÃES, CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2005): (a) filtro de mediana; (b) subtração do resultado do filtro pelo dado original; (c) retirada dos valores com variação de 10 m decorrente da falta de informação; e (c) interpolação pelo método Topogrid proposto por Hutchson (1989).

3.2. MÉTODO COMPUTACIONAL PARA A COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO E FORMAS DO RELEVO.

A partir do MDE geraram-se os atributos de terreno: declividade e as curvaturas vertical, longitudinal, seccional, mínima, máxima e horizontal. As formulações destes atributos de terreno são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulas da Declividade e Curvaturas (Wood, 1996).

Curvatura	Fórmula	Referência
Declividade	$\arctan(\sqrt{d^2 + e^2})$	(Wood, 1996)
Vertical	$\frac{-200(ad^2 + be^2 + cde)}{(e^2 + d^2)(1 + d^2 + e^2)^{1,5}}$	(Evans, 1979)
Longitudinal	$-2 \frac{(ad^2 + be^2 + cde)}{d^2 + e^2}$	(Wood, 1996)
Secional Cruzada	$-2 \frac{(bd^2 + ae^2 - cde)}{d^2 + e^2}$	(Wood, 1996)
Mínima	$-a - b - \sqrt{(a - b)^2 + c^2}$	(Young, 1978)
Máxima	$-a - b + \sqrt{(a - b)^2 + c^2}$	(Young, 1978)
Horizontal	$\frac{200(bd^2 + ae^2 - cde)}{(e^2 + d^2)^{1,5}}$	(Evans, 1979)

A metodologia proposta neste trabalho para a caracterização das FTs e dos EFTs a partir de atributos de terreno é composta por duas etapas, que se organizam dentro de uma estrutura hierárquica conforme as ordens de grandezas das feições de relevo. A primeira etapa consiste na detecção das feições predominantes caracterizadas pelos atributos de altimetria e declividade por meio de classificação pelo Método de árvore de decisão e composição colorida. A segunda etapa é a utilização das classes identificadas na primeira etapa como subconjuntos para a obtenção das FTs e EFTs a partir de uma imagem de curvaturas.

3.2.1. Classificação pelo Método de Composição Colorida e de Árvore de Decisão.

A composição colorida dos atributos de terreno é uma técnica de processamento digital de imagem muito utilizada para realçar as feições e unidades geomorfológicas (BORGES, CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2007; HERMUCHE, ANDRADE, *et al.*, 2003). A composição colorida permite sintetizar numa única imagem, as diferentes informações morfométricas (OLIVEIRA, CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2007). Nesse trabalho a composição que melhor realçou os ambientes geomorfológicos do CZ é composta pelos seguintes atributos: altimetria no canal do Vermelho (*R*), declividade no canal do Verde (*G*) e curvatura mínima no canal do Azul (*B*). A partir da interpretação visual foi possível identificar três ambientes geomorfológicos variando do Rosa (ambientes mais planos), passando pelo Azul (ambientes mais dissecados) até chegar ao verde (ambientes mais íngremes) (Figura 5).

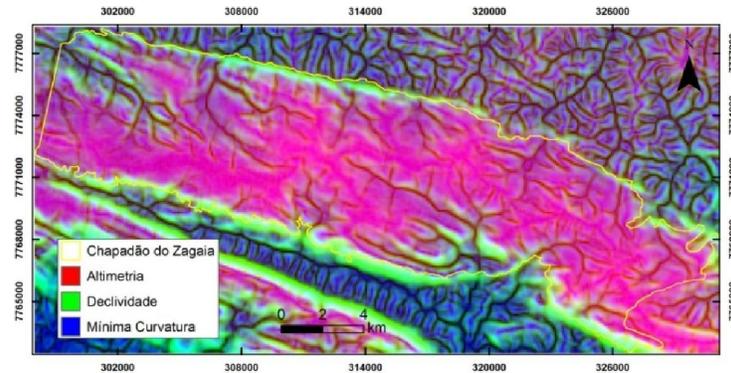


Figura 5 - Composição Colorida de Altimetria (R), Declividade (G) e Mínima Curvatura.

A partir do realce digital por Composição Colorida estabeleceu-se critérios para uma classificação utilizando o método de árvore de decisão sobre os dados de altimetria e declividade. A classificação por árvore de decisão estabelece uma regra hierárquica e binária de partição dos valores de atributos de terreno. Este procedimento é composto pelas seguintes componentes (LATORRE, CARVALHO JUNIOR, *et al.*, 2007): (a) um nó raiz formado a partir de todos os dados, (b) um conjunto hierárquico de nós internos denominados partições responsáveis pela tomada de decisão, utilizando teste lógico, que define o próximo nó descendente ou filho, e (c) nós terminais chamados de folhas caracterizados por não possuírem nó descendente. Desta forma, a árvore de decisão binária divide cada nó intermediário em dois nós descendentes: o nó esquerdo (concordante com o teste lógico) e o nó direito (discordante).

3.2.2. Classificação a partir de assinaturas geomorfométricas.

As informações dos atributos de terreno procedentes das curvaturas permitem uma subdivisão das classes obtidas pela altimetria e declividade. Desta forma, o MDE e sua primeira derivada permitem compartimentar as feições gerais do sistema. As curvaturas por consistirem na segunda derivada do terreno são mais sensíveis as variações sendo adequadas para detectar subclasses dentro das áreas com características similares de altimetria e declividade. Desta forma, os atributos de terreno provenientes de diferentes derivações do MDE atuam em diferenciadas variações do relevo e escalas. Por esta causa o mais adequado é o estabelecimento de duas etapas distintas de processamento do que uma única etapa utilizando todos os atributos conjuntamente, o que não respeita a particularidade e o campo de atuação de cada atributo de terreno. Considerar o posicionamento do ambiente a ser classificado tem sido adotado inclusive

por autores que utilizam classificador *Fuzzy*. Schmidt e Hewitt (2004), por exemplo, desenvolveram um procedimento simples obtendo diferentes EFTs utilizando como critério a posição da paisagem, dividindo-a em áreas planas e em áreas dissecadas em uma análise multi-escalar. Assim como Dragut e Blaschke (2006) que para obter as EFTs optaram por segmentar os objetos do MDE relativamente homogêneos em vários níveis geomorfológicos.

Para a confecção das imagens de curvatura foram testadas várias dimensões de janela sendo que a dimensão espacial 11x11 mostrou-se mais adequada permitindo eliminar os pequenos polígonos e amenizar a presença de valores anômalos. Estas imagens foram organizadas em seis bandas na seguinte ordem: (1) Curvatura Vertical, (2) Curvatura Longitudinal, (3) Curvatura Seccional (4) Mínima Curvatura, (5) Máxima Curvatura (6) Curvatura Horizontal. Conceitualmente, os valores positivos das curvaturas correspondem a terrenos convexos/divergente e os valores negativos a terrenos côncavos/convergente enquanto os valores nulos indicam vertentes retilíneas/planar. Dentro desse contexto, as seguintes EFTs e FTs são apresentadas conforme Evans (1979) e Wood (1996) (figura 6).

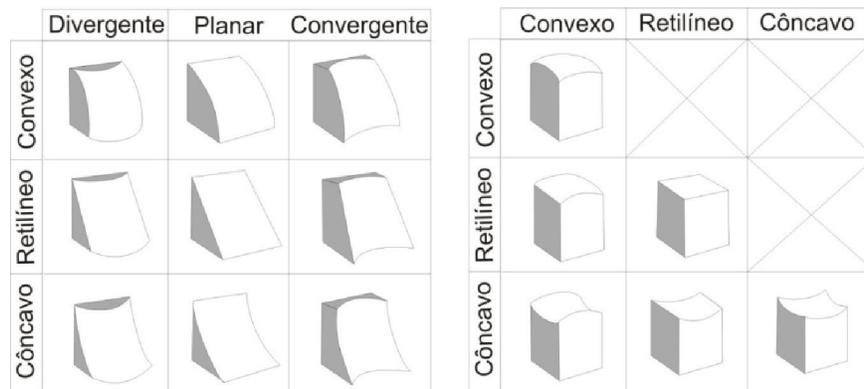


Figura 6 – Elementos das Formas de Terreno conforme Evans (1979) utilizando curvatura vertical e horizontal (à esquerda) e Formas de Terreno conforme Wood (1996) a partir das curvaturas Longitudinais, Seccional Cruzada e Mínima e Máxima (à direita).

A assinatura geomorfométrica integra as componentes que descrevem a EFTs (Bandas 1 e 6) e FTs (Bandas 2 a 5) (Figura 7). Essas assinaturas foram normalizadas considerando a divisão pelo seu valor máximo para padronizar os intervalos entre -1 e 1. O resultado da normalização proporciona um maior contraste entre as curvas do terreno e um melhor fatiamento das classes: -1 a - 0,33333 (côncavo/convergente); - 0,33333 a 0,33333 (retilíneo/planar) e 0,33333 a 1 (convexo/divergente).

Um fator importante a ser considerado antes da normalização é a identificação de valores anômalos eventualmente presentes nas imagens de curvatura. Estes espectros são caracterizados pela presença de valores extremos estando localizados principalmente nos divisores de água, nos vales bem entalhados entre escarpas, e nos canais de drenagem. Estes pixels alteram as etapas subseqüentes para a identificação automatizada de espectros devendo ser retirados para a realização das próximas etapas de processamento.

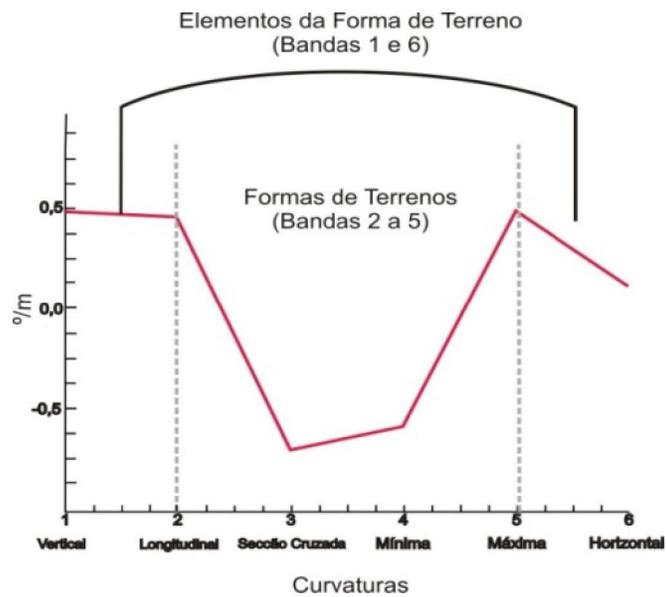


Figura 7 - Exemplo de assinatura geomorfométrica da relação EFTs com as FTs.

A partir desta configuração dos dados é possível adotar técnicas de classificação espectral, usualmente, utilizadas em dados de sensoriamento remoto. Neste tipo de classificação, primeiramente, são selecionadas assinaturas espectrais que caracterizam os diferentes ambientes que se desejam identificar. Um procedimento para identificação automatizada destes espectros é o emprego da metodologia proposta por Boardman e Kruse (1994) composta por três etapas: redução da dimensão espectral (*Minimum Noise Fraction* - MNF), redução da dimensão espacial (índice de pureza do pixel - PPI) e identificação (utilizando um visualizador n-dimensional). No presente trabalho esta metodologia foi adota para cada classe obtida pela primeira etapa referente à classificação por árvore de decisão. Os espectros extraídos das quatro classes são agrupados eliminando os espectros redundantes que eventualmente existem em duas classes contíguas.

O método de classificação espectral utilizado foi o *Spectral Angle Mapper* (SAM) (KRUSE, LEFKOFF, *et al.*, 1993) expressa pela seguinte equação:

$$SAM = \alpha = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^{i=nb} ER_i EI_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=nb} (EI_i)^2 \sum_{i=1}^{i=nb} (ER_i)^2}}$$

Desta forma, temos que o valor do SAM é expresso em radianos, sendo que, quanto menor o ângulo α , maior é a similaridade entre as curvas. O ângulo α determinado pela função arco-cosseno apresenta uma variação entre 0° até 90°.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DE UMA PEDOSSEQUÊNCIA DE SOLOS

A partir das classes de relevo foi estabelecida uma pedossequência de solos com o propósito de compreender a evolução destas formas do relevo auxiliando no mapeamento das unidades geomorfológicas. O CZ apresenta geomorfologia constituída por extensos planaltos de diferentes níveis de dissecação com relevo colinoso e rampas suaves, podem ser associadas a solos profundos, mas sua característica predominante é um ambiente saturado em água com disposição de drenagem encaixada nas fraturas onde se desenvolvem a drenagem subsuperficial e superficial (Figura 8).



Figura 8 - Extensos campos Limpos úmidos com Murundus.

A escolha de uma pedossequência representativa com Latossolos no topo e solos hidromórficos na base fica restrita a alguns ambientes do chapadão. Este estudo com os extremos pedológicos da região são fundamentais para melhor compreender a dinâmica da relação entre relevo e solo. Nesse sentido, foi escolhida uma pedossequência com Latossolo Vermelho no topo e solos hidromórficos na base com abertura de 10

trincheiras atingindo até 2m de profundidade. Nestes perfis de solos foram feitas a descrição dos aspectos morfológicos e coleta de 44 amostras (Figura 9).

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de análise físico-química da Embrapa Cerrados para determinar os seguintes parâmetros: proporção de areia, silte e argila, pH em água e KCl, alumínio (Al), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio+alumínio (H+Al) de acordo com Embrapa (1997). Os horizontes diagnósticos de cada perfil ainda foram submetidos à análise mineralógica de ataque sulfúrico na Embrapa Solos.

Em seguida, os dados foram tabulados para a classificação dos solos segundo Embrapa (2006), relacionados com as superfícies de erosão e deposição a partir da análise de todos os temas e por fim utilizados para explicação da evolução geomorfológica do CZ.

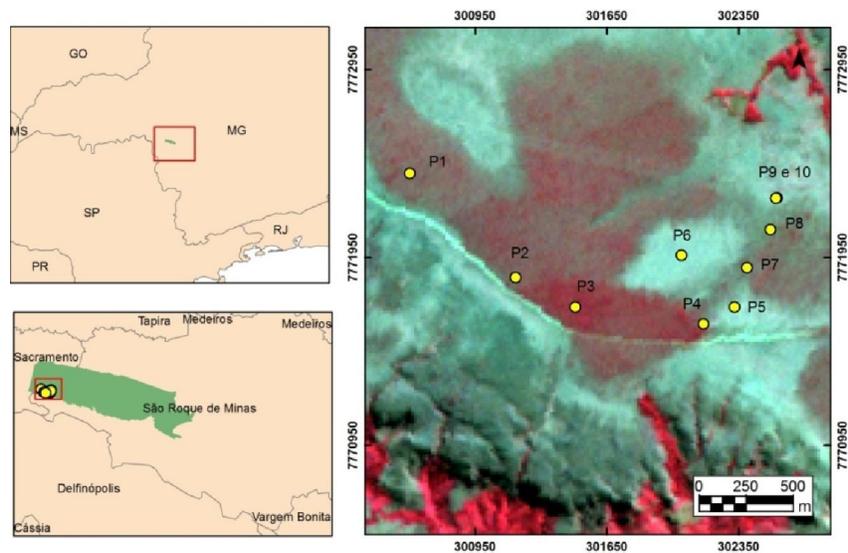


Figura 9 - Localização da pedossequência no CZ.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA

A classificação geomorfométrica foi realizada em uma área de 236,12 km². Na área de estudo a classificação utilizando a árvore de decisão determina quatro classes (Figura 10, Tabela 2). A detecção automática a partir destas quatro classes definidas permitiu selecionar catorze assinaturas.

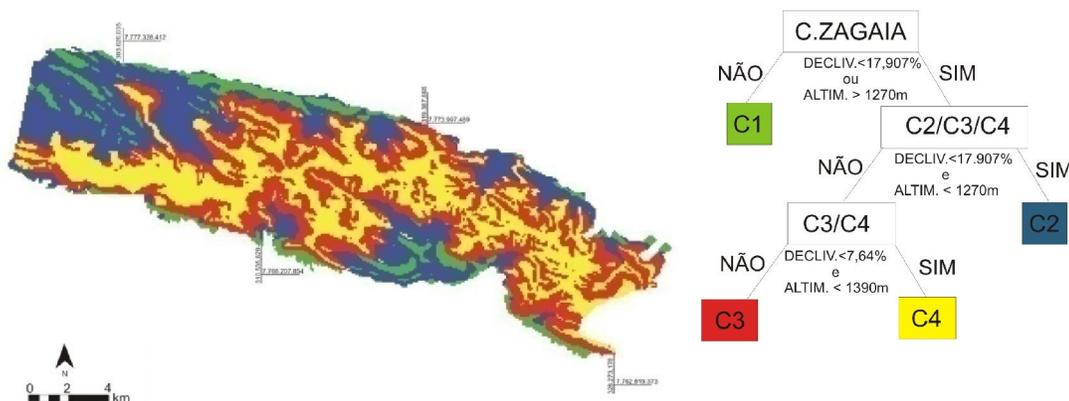


Figura 10 – Classes (C) determinadas a partir de Árvore de Decisão.

Tabela 2 – Análise descritiva da Declividade (D) e da Altimetria (H) dos Ambientes Geomorfológicos.

	⊗	MIN	MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
C4	D(%)	0,1	7,6	4,5	1,7
	H (m)	1270,1	1390,0	1330,2	29,3
C3	D(%)	0,5	44,4	10,7	3,9
	H (m)	1270,0	1401,0	1311,0	26,5
C2	D(%)	0,2	18,5	10,4	4,1
	H (m)	1028,2	1270,0	1213,8	52,8
C1	D(%)	17,9	52,9	24,9	6,1
	H (m)	1035,0	1269,9	1187,9	49,3

A classificação espectral pelo SAM delimitou os seguintes compartimentos do relevo: Chapadas, Colinas, Bordas, Colos, Depressão de Cabeceira, Depressão Entalhada e Encostas de acordo com Wood (1996), divididas em Superfície de Erosão, Superfícies de Transição e Superfícies de Deposição (Figura 11). A cada compartimento foi atribuído uma ou mais Formas do Relevo (EVANS, 1979) (Figura 12). Para uma

melhor compreensão da relação entre os Compartimentos do Relevo e as Formas do Relevo foi sugerida a seguinte nomenclatura (Tabela 3).

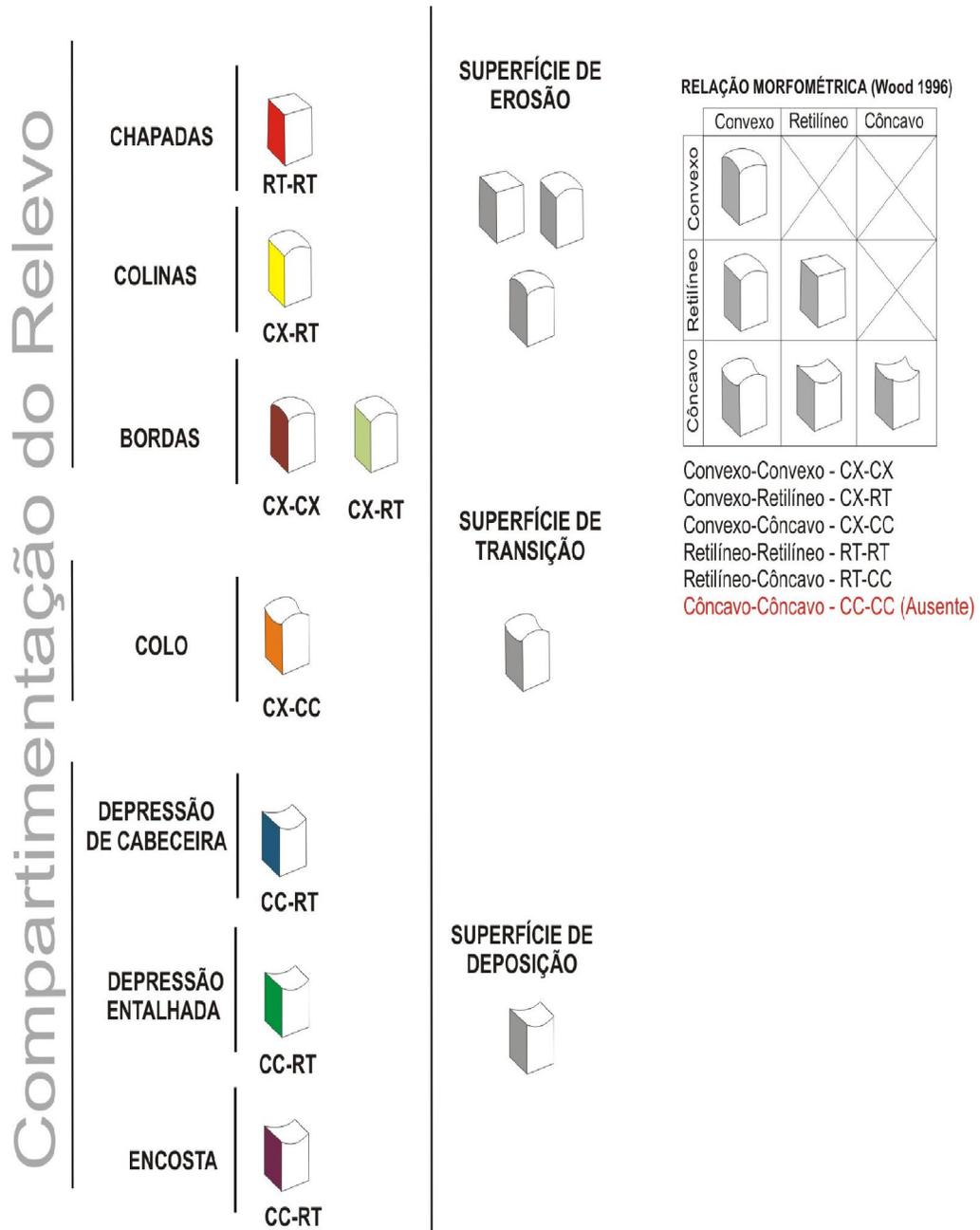


Figura 11 - Compartimentação do Relevo

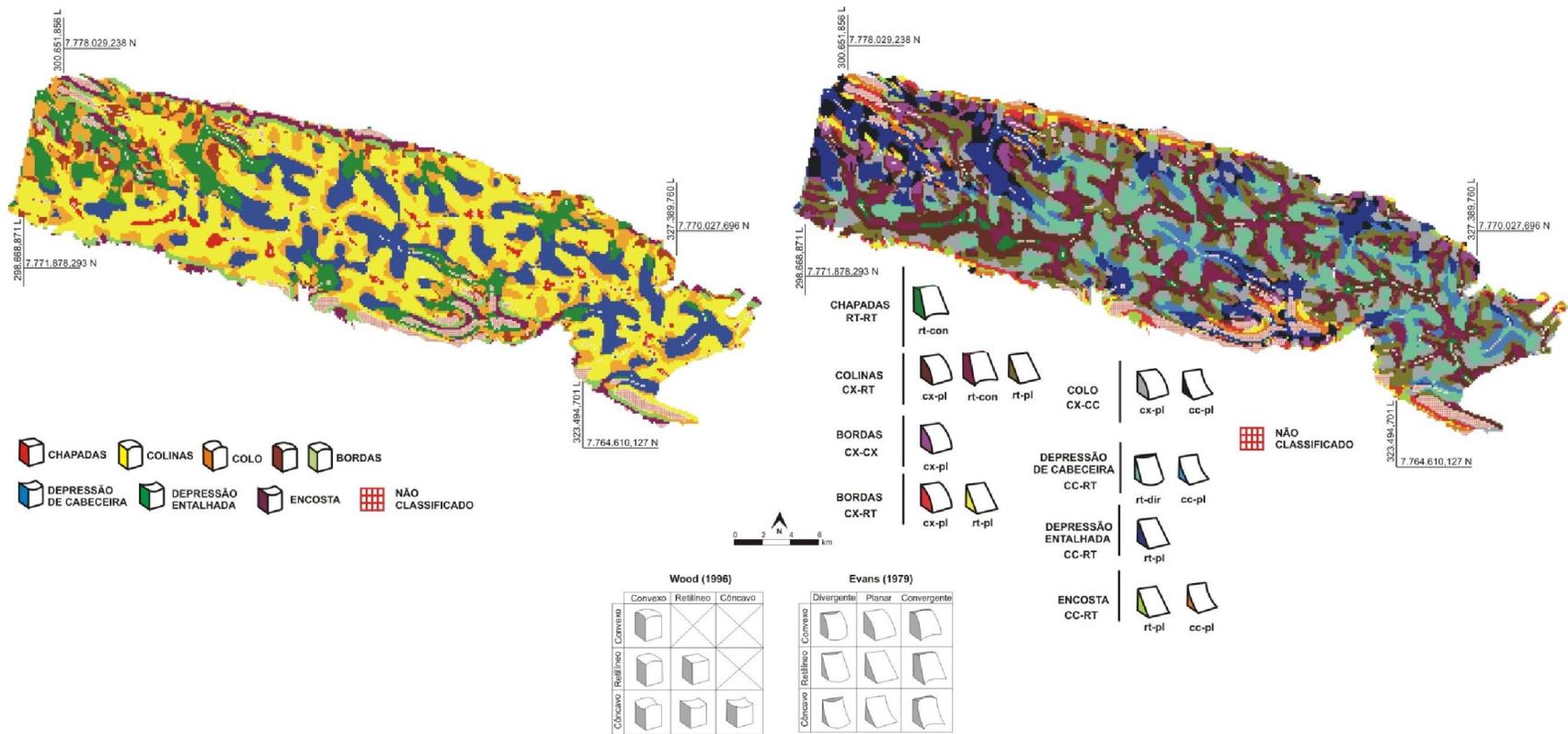


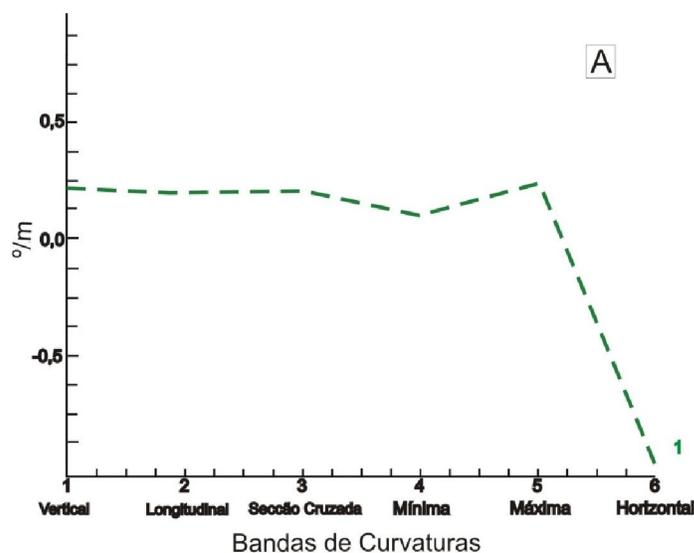
Figura 12 - Compartimentação do Relevo e Formas do Relevo

Tabela 3 – Nomenclatura para o estudo da assinatura geomorfométrica na relação entre os Compartimentos e as Formas do Relevo.

Compartimentação do Relevo	Formas do Relevo	Assinatura Geomorfométrica
Chapadas - RT-RT	rt-dir	RT-RT_rt-dir
Colinas - CX-RT	cx-pl	CX-RT_cx-pl
	rt-con	CX-RT_rt-con
	rt-pl	CX-RT_rt-pl
Depressão de Cabeceira - CC-RT	rt-dir	CC-RT_rt-dir
	cc-pl	CC-RT_cc-pl
Depressão Entalhada - CC-RT	rt-pl	CC-RT_rt-pl
Colos - CX-CC	cx-pl	CX-CC_cx-pl
	cc-pl	CX-CC_cc-pl
Bordas CX-RT ou CX-CX	cx-pl	CX-CX_cx-pl
	rt-pl	CX-RT_rt-pl
	cx-pl	CX-RT_cx-pl
Encostas - CC-RT	rt-pl	CC-RT_rt-pl
	cc-pl	CC-RT_cc-pl

Letra Maiúscula: Compartimentação do Relevo/ Minúscula: Formas do Relevo/ Combinação: Assinatura Geomorfométrica.

As Chapadas apresentam uma única assinatura geomorfométrica localizada principalmente nos topos dos planaltos (Figura 13). A Banda 2 (Curvatura Longitudinal) e a Banda 3 (Curvatura Secção Cruzada) manteve praticamente equivalentes com valores de 0,19691‰/m e 0,20459 ‰/m respectivamente demonstrando uma feição plana. A Banda 4 (Curvatura Mínima) e a Banda 5 (Curvatura Máxima) apresentam uma pequena oscilação, insuficiente para caracterizar um relevo movimentado. Os valores médios de declividade (d) corroboram com essa análise (2,4%). A Banda 1 (Curvatura Vertical) e a Banda 6 (Curvatura Horizontal) demonstram vertentes retilíneas, mas extremamente divergentes com valor de -0,97693 ‰/m, caracterizando uma Forma do Relevo retilíneo-planar (rt-pl) bastante comum em topos planos sem escoamento preferencial de drenagem com superfícies de aplainamento bem preservados.



B

Ass. Geomorfológica	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6
1	0,21852	0,19691	0,20459	0,09598	0,23986	-0,97693



Retilíneo-Retilíneo
RT-RT



retilíneo-convergente
rt-con

C

ASS.GEO.	COMPARTIMENTAÇÃO DO RELEVO	FORMA DO RELEVO		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
1	Chapada RT-RT	rt-con	h (m) d (%)	1272,5 0,2	1390,0 7,3	1349,4 2,4	22,0 1,4

Figura 13- Assinatura Geomorfológica das Chapadas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfológica para Altimetria - h e Declividade - d (C).

As Colinas apresentam feições morfométrica Convexo-Retilíneo (CX-RT) com Formas do Relevo convexo-planar (cx-pl), retilíneo-convergente (rt-con), e retilíneo-planar (rt-pl). As Borda são compartimentos classificados a partir das feições CX-RT e Convexo-Convexo (CX-CX) associados às Formas do Relevo cx-pl e rt-pl. A CX-CX é caracterizada como um ambiente adjacente as Bordas CX-RT por estar mais a montante com valores altimétrico médios de 1233,4 m e declividade mais suave de 11,0 % (Figuras 14).

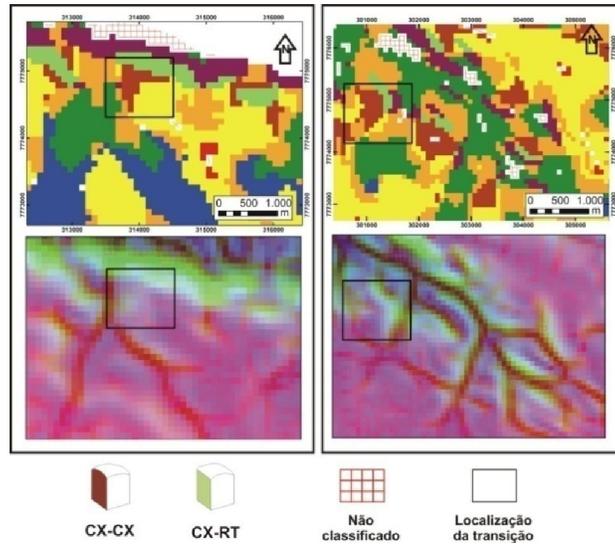


Figura 14 – Exemplos de transição entre as Bordas CX-CX e as Bordas CX-RT e respectiva composição colorida Altimetria (R) Declividade (G) Mínima Curvatura (B).

Nesse sentido, a mesma Forma do Relevo cx-pl é representada pelas Assinaturas Geomorfométricas 5 e 2 (Figura 15). Verifica-se que estas assinaturas apresentam Banda 1 de extrema convexidade com 0,89541 %/m e 0,73970%/m respectivamente, mas na assinatura 5 uma Banda 6 com tendência a convergência (-0,31841%/m).

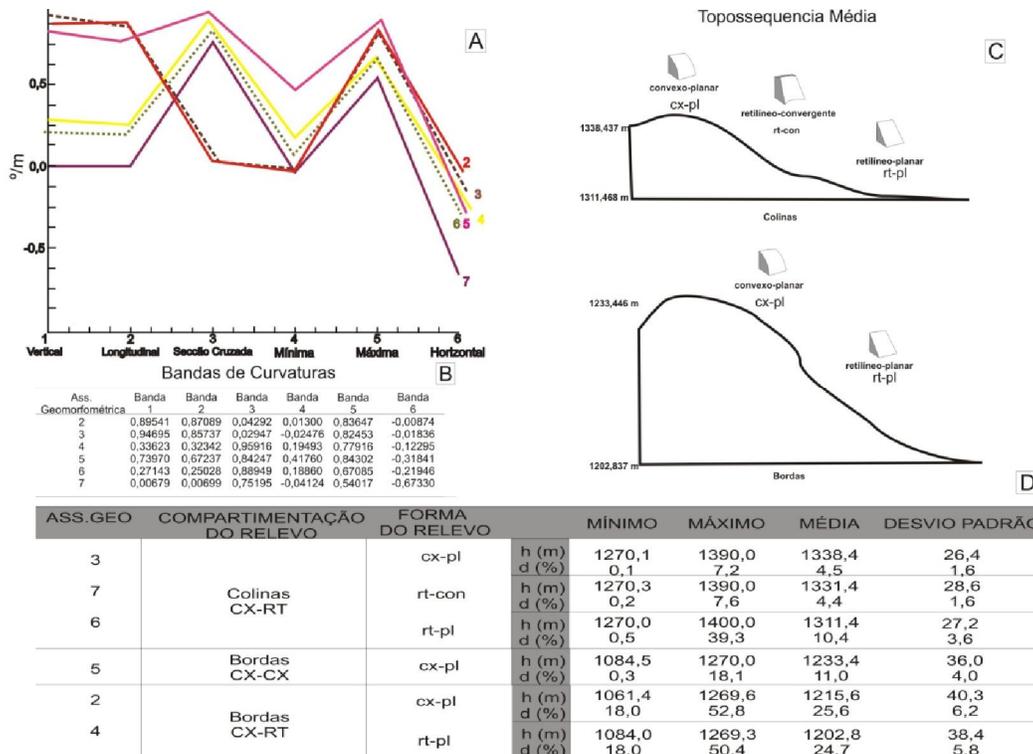


Figura 15 - Assinatura Geomorfométrica das Colinas e Bordas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Toposequência Média das Formas do Relevo (D).

Além disso, algumas similaridades espectrais são identificadas entre as Colinas e Bordas de mesma feição morfométrica CX-RT, porém existe uma grande variação de Altimetria (h) e de Declividade (d). Os valores altimétricos médio da cx-pl das Colinas são 1338,4 m e das Bordas com 1215,6 m. É importante salientar que em alguns setores observa-se a possibilidade de mistura tênue já que os valores mínimos altimétricos da Forma do Relevo para as Colinas (1270,1m) praticamente coincidem com os valores máximos da cx-pl localizado nas Bordas (1270,0 m). Entretanto, a declividade média da cx-pl das Bordas (25,6%) é significativamente maior do que a apresentada nas Colinas (4,5%) caracterizando relevos distintos (Figura 16).

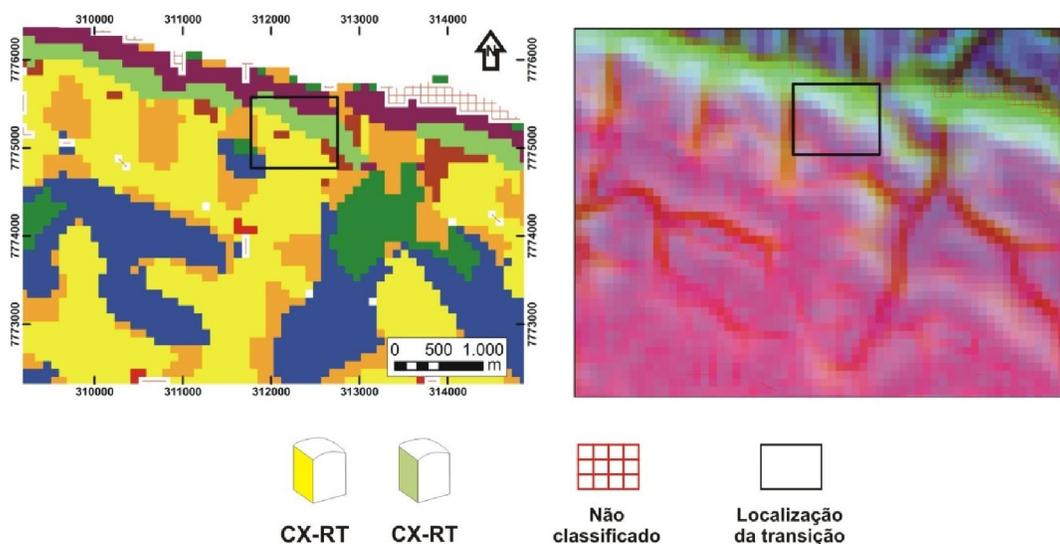


Figura 16 - Exemplo de transição entre Colinas CX-RT e Bordas CX-RT e respectiva composição colorida Altimetria (R) Declividade (G) Mínima Curvatura (B).

As assinaturas 6 e 4 também apresentam similaridade espectral apesar de estarem em compartimentos distintos. Observa-se apenas um ligeiro aumento de convexidade da assinatura 4 das Bordas CX-RT em todas as bandas em relação a assinatura 6. Contudo, a rt-pl das Bordas está no limite das escarpas do CZ com declividade média de 24,7% e a rt-pl para as Colinas localiza-se acima de 1270,0 m e com declividade média de 10,4%. Além disso, a malha espacial da rt-pl das Colinas pode ser abrangente quando se verifica os valores Máximos (1400,0 m) e Mínimos de altimetria (1270,0 m) demonstrando inclusive valores Máximo superiores aos obtidos para o compartimento das Chapadas.

A assinatura 7 foi apresentada apenas no compartimento das Colinas. De maneira geral, essa Forma do Relevo rt-con está localizada entre a cx-pl e a rt-pl com média altimétrica de 1331,4 m e com os menores valores de convexidade dentre as outras Formas do Relevo do compartimento das Colinas e com valor para a banda 6 de -0,67330 ‰/m possibilitando a formação de canal de drenagem preferencial e regiões saturadas em água para os declives mais suaves.

A Superfície de Deposição é dividida em Depressão de Cabeceira, Depressão Entalhada e Encosta. Estes compartimentos apresentaram a mesma feição morfométrica Côncavo-Retilíneo (CC-RT) (Figura 17).

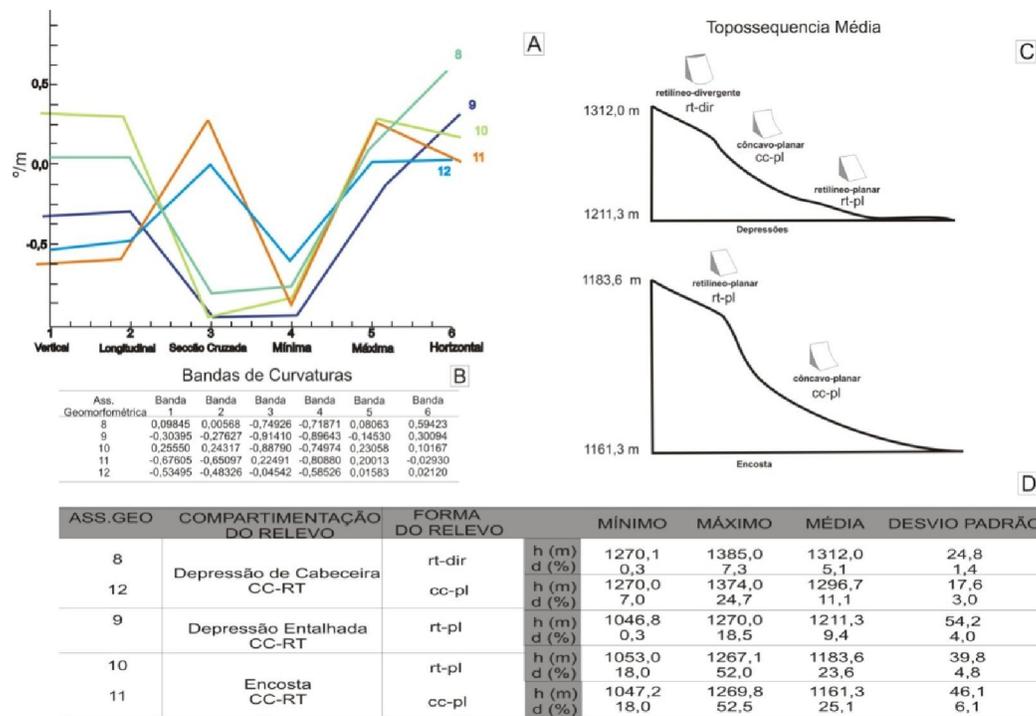


Figura 17- Assinatura Geomorfométrica das Depressões e Encostas (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Toposequência Média das Formas do Relevo (D).

As assinaturas 8 e 12 da Depressão de Cabeceira proporcionaram valores praticamente nulos nas Bandas de Curvaturas Longitudinal e Máxima para Assinatura Geomorfométrica 8 e nas Bandas de Seção Cruzada e Máxima para a Assinatura 12. Na Depressão Entalhada verifica-se apenas valores negativos entre as bandas 2 e 5 demonstrando maior concavidade. As Encostas diferem dos outros compartimentos, principalmente, porque detiveram valores positivo acima de 0,2000 ‰/m nas Curvaturas

Longitudinal para a Assinatura 10, na Secção Cruzada para Assinatura 11 e na Mínima Curvatura para ambas Assinaturas. Essa configuração mostra uma intensidade positiva elevada nas Encostas nas bandas 2 e 3 para um compartimento CC-RT caracterizando um possível processo de transição de Retilíneo a Convexo.

Com relação às Formas do Relevo são identificadas a retilíneo-divergente (rt-dir), côncavo-planar (cc-pl) e retilíneo-planar (rt-pl). As Formas cc-pl e rt-pl são observadas tanto nas Depressões quanto nas Encostas onde a maior variação do valor da curvatura se encontra na Banda 1. A cc-pl apresenta maior concavidade na Curvatura Vertical no compartimento da Encosta. Entretanto, a rt-pl na Depressão Entalhada mostra um valor na Banda 1 de $-0,30395^{\circ}/m$ e $0,30094^{\circ}/m$ para a Banda 6 próximo ao valor limite que caracteriza um relevo rt-pl demonstrando, conseqüentemente, elevada concavidade e divergência.

A primeira Forma do Relevo na Toposequência Média apresentada nas Depressões é a retilíneo-divergente (rt-dir). Esta Forma, já caracterizada no Compartimento das Chapadas, aparece como um ambiente de topo das Depressões com declividade variando entre 0,3% e 7,3%. Em seguida, a forma cc-pl promove um aumento da declividade média com 11,1%. Apesar da diminuição da declividade na Forma rt-pl (9,4%) localizada na Depressão Entalhada, é verificada as maiores variações entre os valores Mínimos e Máximo de declividade com 0,3% e 18,5% respectivamente. Nas Encostas, a rt-pl localiza-se no topo com declividade média de 23,6% chegando a 52,0%. Na forma seguinte (cc-pl) é verificado um pequeno aumento da declividade média com 25,1%.

A Superfície de Transição é composta pelo compartimento exclusivamente dos Colos que são caracterizados por uma feição Convexo-Concavo (CX-CC). São observadas duas Formas do Relevo: convexo-planar (cx-pl) e côncavo-planar (cc-pl) (Figura 18).

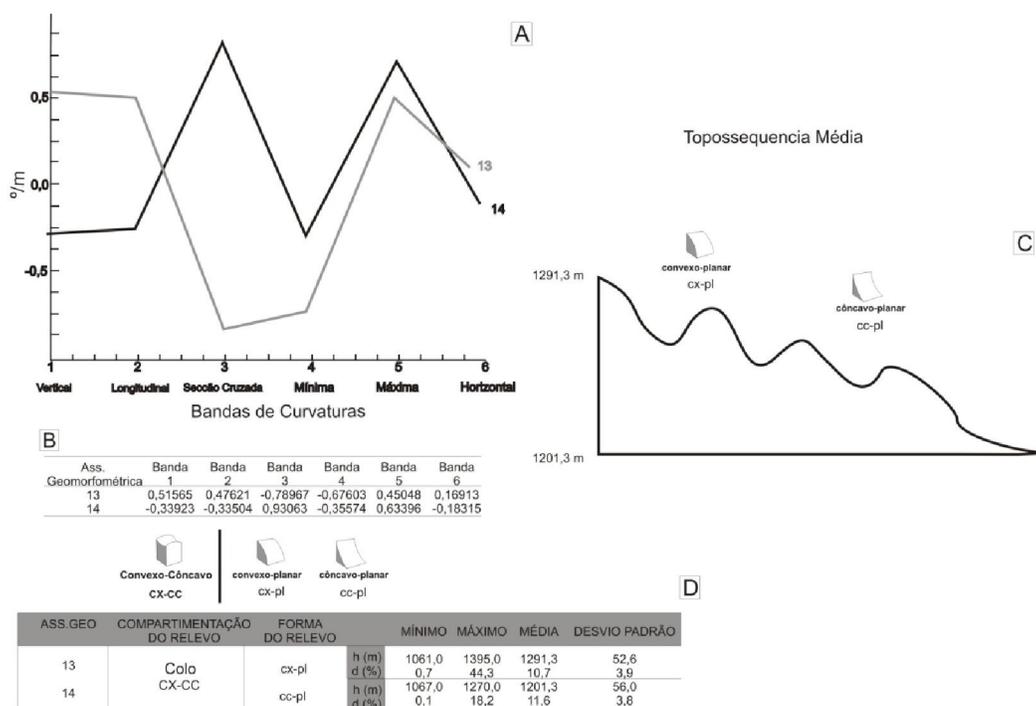


Figura 18- Assinatura Geomorfométrica dos Colos (A), Valores de Curvatura (B), Análise de descritiva da Assinatura Geomorfométrica para Altimetria - h e Declividade - d (C) e Topossequência Média das Formas do Relevo (D).

A Assinatura Geomorfométrica 13 possui valores extremamente baixos nas Bandas 3 (-0,78967 %/m) e 4 (-0,67603 %/m), onde se sugere um aspecto de concavidade profundas e convexidades mais suaves, entretanto a Forma do Relevo classificada a partir da Curvatura Vertical e Horizontal é a cx-pl. Esta forma apresenta a maior variação de declividade com valores mínimos de 0,7% e valores máximos de 44,3%. Isto pode ser explicado pela grande variação altimétrica (1061,0 m / 1395,0 m) o que demonstra a diversidade da malha espacial dos Colos estando adjacente, basicamente, a todos os Compartimentos já classificados.

Com relação à assinatura 14, identifica-se que as Bandas 2 e 4 deteve os valores mínimos para caracterizar um ambiente côncavo de -0,33504 %/m e -0,35574 %/m respectivamente, atribuindo ao relevo uma fisionomia de concavidade suave. Essa análise ainda é corroborada pelos valores da Curvatura Vertical (-0,33923 %/m) que também apresentam valores mínimos para se configurar uma Forma do Relevo de aspecto côncavo. Além disso, verifica-se que a malha espacial da cc-pl se apresenta mais localizada entre 1067,0 m e 1270,0 m com uma declividade entre 0,1% e 18,2%.

A partir da classificação espectral, as 14 Assinaturas Geomorfométricas demonstram variação de intensidade e/ou de localização das Formas de Relevo dentro de um respectivo compartimento. Além disso, a Análise Descritiva facilitou a compreensão do posicionamento das vertentes e do limites entre as formas decorrente dos níveis de dissecação e das informações altimétricas (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise Descritiva da Altimetria (m) e Declividade (%).

Id	Compartimentação Geomorfológica	Assinatura Geomorfométrica	MINIMO (m)	MÁXIMO (m)	MÉDIA (m)	DESVIO PADRÃO	MINIMO (%)	MÁXIMO (%)	MÉDIA (%)	DESVIO PADRÃO
1	Chapadas	RT-RT_rt-dir	1272,5	1390,0	1349,4	22,0	0,2	7,3	2,4	1,4
2	Colinas	CX-RT_cx-pl	1270,1	1390,0	1338,4	26,4	0,1	7,2	4,6	1,7
3		CX-RT_rt-con	1270,3	1389,9	1331,5	28,6	0,2	7,6	4,4	1,6
4		CX-RT_rt-pl	1270,0	1400,0	1311,5	27,3	0,5	39,3	10,4	3,6
5	Depressão de Cabeceira	CC-RT_rt-dir	1270,1	1385,1	1311,9	24,8	0,3	7,3	5,1	1,4
6		CC-RT_cc-pl	1270,0	1373,9	1296,7	17,6	0,8	7,2	5,3	1,4
7	Depressão Entalhada	CC-RT_rt-pl	1046,8	1270,0	1211,3	54,2	0,3	18,5	9,4	3,9
8	Colos	CX-CC_cx-pl	1061,0	1394,9	1291,3	52,6	0,7	18,4	10,7	3,9
9		CX-CC_cc-pl	1067,0	1270,0	1201,3	56,0	0,2	18,3	11,6	3,9
10	Bordas	CX-CX_cx-pl	1084,5	1269,9	1233,4	35,9	0,3	18,1	11,0	3,9
11		CX-RT_cx-pl	1061,4	1269,6	1215,6	40,3	17,9	52,9	25,6	6,3
12		CX-RT_rt-pl	1084,0	1269,4	1202,8	38,5	17,9	50,5	24,7	5,8
13	Encostas	CC-RT_rt-pl	1052,9	1267,1	1183,7	39,9	17,9	52,0	23,6	4,9
14		CC-RT_cc-pl	1047,2	1269,9	1161,3	46,2	17,9	52,5	25,1	6,1

O princípio básico na análise de vertentes é reconhecer que os perfis podem ser caracterizados por mudanças suaves ou rupturas ao longo de linhas reconhecíveis de inflexão (PITTY, 1969). Giles e Franklin (1998) descrevem um procedimento para o particionamento de perfis bidimensionais em ambientes geomorfológico chamados de unidade de inclinação. Shary, Sharaya e Mitusov (2005) a partir da área de contribuição, área de dispersão e dos extremos de profundidade e altitude, apresentam como montanhas, depressões e colos sem sobreposição. Minar e Evans (2008) propõem utilizar linhas singulares (*singular line*), pontos com extremos geomorfológicos e linhas de inflexão para definir os limites entre os segmentos das EFTs

Observa-se na tabela 4 que os valores Mínimos, Máximos e Médias de altimetria sugerem ora continuidade e ora descontinuidade de limites a partir do acréscimo da declividade do topo para a base (Figura 19). Nas Colinas (Id – 4) apesar da declividade média de 10,4% mostram valores Máximos de 39,3% podendo ser confundidos com os compartimentos de Borda (Id- 12). As Depressões Entalhadas aparecem com diferentes níveis de dissecação com mistura de limite com as Depressões de Cabeceira verificadas pelos valores Mínimos de declividade 0,3% e o Desvio Padrão de Altimetria de 54,2%. Os Colos são os compartimentos que apresentam a malha espacial mais abrangente verificada a partir dos maiores valores de Desvio Padrão de Altitude dentre todas as formas.

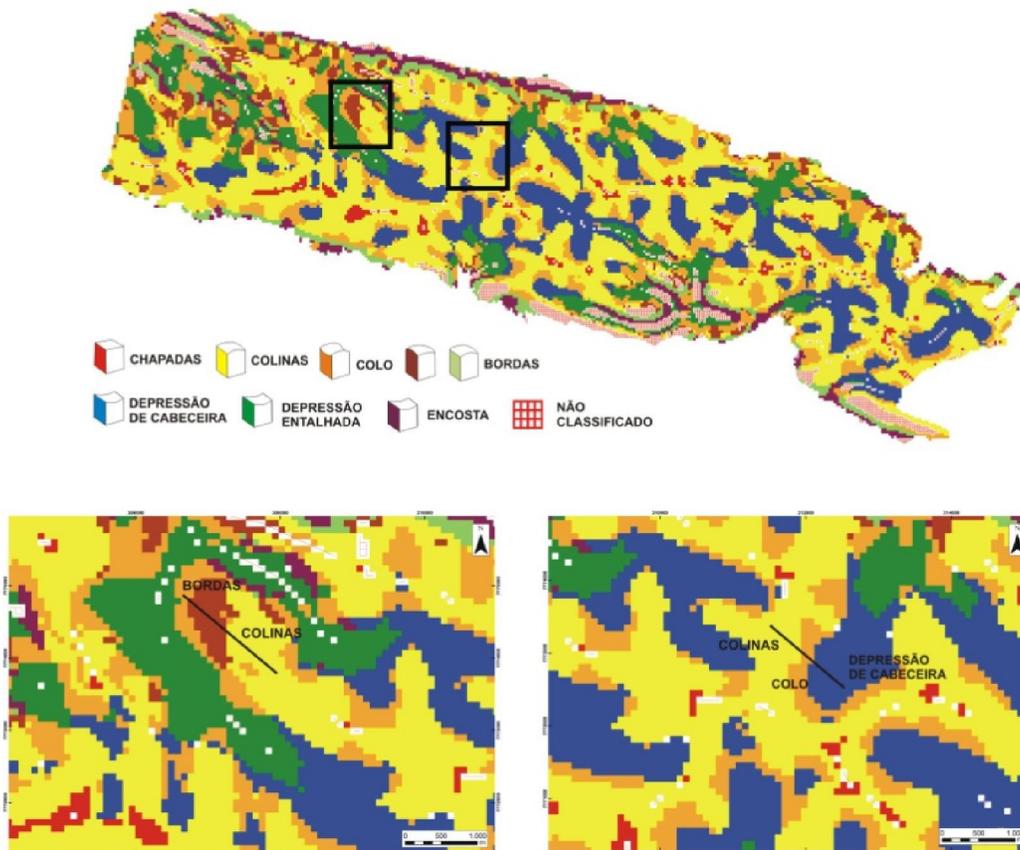


Figura 19- Exemplo de descontinuidade abrupta entre bordas e colinas (à esquerda) e descontinuidade suave entre colinas, colos e Depressão de Cabeceira (à direita)

Por outro lado, a informação espectral pode caracterizar uma sequência de formas do relevo em um ou mais compartimentos de acordo com a variação da intensidade de cada pixel sem a necessidade de uma classificação caso a análise seja de caráter local (Figura 20).

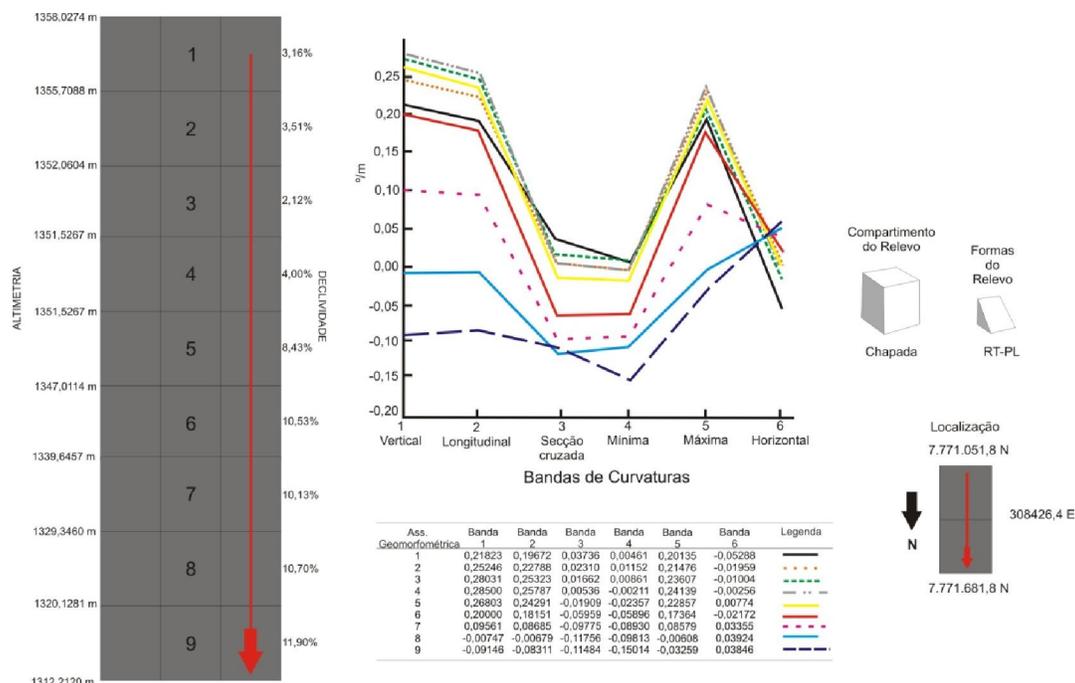


Figura 20- A distribuição dos espectros em uma seqüência linear mostrando a variação do relevo pixel a pixel.

A distribuição dos espectros ao longo de uma vertente demonstra uma variação contínua de uma Chapada com predominância de Formas do Relevo retilíneo-planar (rt-pl). Entre as assinaturas 1 e 5, o compartimento das Chapadas recebe um acréscimo de valores nas curvaturas Longitudinal (Banda 2) e Máxima (Banda 5); e um decréscimo mais suavizado nas curvatura Seção Cruzada (Banda 3) e Mínima (Banda 4). Pode-se inferir que as Chapadas apresentam uma variação progressiva do relevo no sentido dos Colos, com provável passagem pelos compartimentos das Colinas. A curvatura Horizontal (Banda 6) apresenta uma pequena variação positiva, mas caracteriza mais uma estabilidade do que realmente uma mudança, porém as curvaturas Verticais (Banda 1) se tornam cada vez mais convexas.

A ruptura de relevo se dá a partir da assinatura 5 (cor amarela) com 8,43% de declividade. Entre as assinaturas 6 e 9 o decréscimo dos valores são mais abruptos especialmente na curvatura Longitudinal e Máxima. Nesse sentido, a paisagem local volta a estar mais retilíneo, porém com o constante processo de abatimento. A curvatura Horizontal apresenta acréscimos caracterizando uma drenagem paulatinamente mais divergente.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PEDOSSEQUÊNCIA DE SOLOS

Considerando as classes definidas anteriormente foi estabelecida uma pedossequência no CZ (Tabela 5) com uma Descrição Geral dos perfis no Anexo I.

Tabela 5 – Classificação dos solos dos perfis até o 3º Nível

Perfil	Classes de Solos	Textura	Fase da Vegetação	Forma do Relevo	Superfície	Material de Origem
1	LATOSSOLO VERMELHO ÁCRICO húmico	Muito Argilosa	Cerrado Sentido Restrito	rt-con	Erosão	Filito
2	LATOSSOLO VERMELHO ÁCRICO típico	Muito Argilosa	Cerrado Sentido Restrito + Campo Limpo	rt-con	Erosão	Filito
3	LATOSSOLO VERMELHO ÁCRICO húmico	Muito Argilosa	Cerrado Sentido Restrito	rt-con	Erosão	Filito
4	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO típico	argilosa	Cerrado Sentido Restrito + Campo Limpo	cx-pl/rt-dir	Erosão/Deposição	Filito
5	CAMBISSOLO HÚMICO Tb DISTRÓFICO latossólico	argilosa	Campo Limpo	rt-con	Deposição	Filito
6	CAMBISSOLO HÚMICO Tb DISTRÓFICO típico	média	Campo Limpo	rt-dir	Deposição	Filito
7	LATOSSOLO VERMELHO ÁCRICO húmico	Muito Argilosa	Cerrado Sentido Restrito	rt-dir	Deposição	Filito
8	LATOSSOLO VERMELHO ÁCRICO típico	Muito Argilosa	Cerrado Sentido Restrito + Campo Limpo	rt-dir	Deposição	Filito
9	GLEISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO típico	argilosa	Campo Limpo com murundum	rt-dir	Deposição	Filito
10	GLEISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO típico	Muito Argilosa	Campo Limpo com murundum	rt-dir	Deposição	Filito

Os solos descritos obedecem a uma sequência partindo de um Latossolo em Cerrado Sentido Restrito finalizado em um Gleissolo localizado em Campo Limpo com Murundu. A distância percorrida do Perfil 1 (P1) ao Perfil 10 (P10) é de 3.500 m em um trajeto conforme a Figura 21.

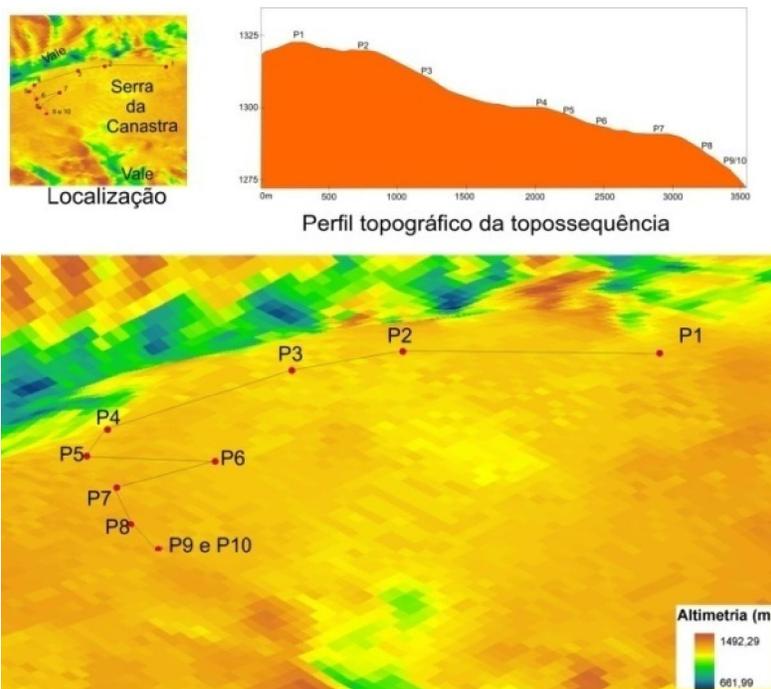


Figura 21 - Localização e trajetória dos perfil e perfil topográfico da pedossequência elaborado a partir do MDT mostrando a disposição dos perfis P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10.

Apesar da pouca variação de declividade, a área estudada apresenta uma diversidade pedológica caracterizada pelas diferentes Fitofisionomias. É importante salientar que as transições entre as Fitofisionomias no Chapadão do Zagaia - CZ são abruptas com fragmentos de Mata de Galeria e Cerrado Sentido Restrito adjacente a Campos Limpos, os Campos Sujos foram pouco observados no CZ (Figura 22). Essa transição também é observada por Couto Junior, Souza *et. al.* (2010) em que atribuíram a presença dos padrões de fraturamento da CZ a essas transições, pois proporcionam o armazenamento de água e o acúmulo de umidade. Esses fatores ambientais provocam, normalmente, transições abruptas nas formações campestres, principalmente dentre os Campos Limpo Úmidos já que os Campos Sujos Úmidos são bastante incomuns (RIBEIRO e WATER, 1998; SPERA, REATTO, *et al.*, 2005).



Figura 22 - Paisagem característica do CZ (à esquerda) e transição abrupta entre Cerrado Sentido Restrito e Campos Limpo (à direita).

4.3.1 LATOSSOLOS

Os Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2006).

Os Latossolos do CZ não ocorrem com frequência na região e estão associados a relevo plano a suave ondulado em vertentes mais convexas sobre saprólito de filito. Além disso, observa-se a sua relação com Cerrado Sentido Restrito, e transição entre esta fitofisionomia e Campo Limpo (Figura 23).



Figura 23- Espécie de cerrado sentido restrito da família Vochisiaceae (esquerda) e Cerrado Sentido Restrito Denso associado aos Latossolos (direita).

A seguir são apresentadas as análises físico-químicas de todos os horizontes desta classe de solo (Tabela 6). A Tabela 6 apresenta a mineralogia dos horizontes diagnósticos encontrados na pedossequência.

Tabela 6 – Análises físico-químicas dos Latossolos da pedossequência de estudo no CZ.

Perfil	prof. (cm)	Cor úmida	classe	Horizontes	Argila	Silte	A.Grossa	A. Fina	Silte/Argila	Textura	Al	Ca	K	Mg	H+Al	S	CTC	CETC argila	CTC argila	KCl	H2O	Δ	MO	V	M											
											g.kg ⁻¹															cmolc. dm ⁻³										
																										pH										g.kg ⁻¹
1	0-15	2,5 YR 2,5/4	LVw1	A	770,00	120,00	40,00	70,00	0,16	muito argilosa	1,42	0,12	0,14	0,08	12,56	0,34	12,90	2,28	16,75	4,06	5,17	-1,11	53,20	26,24	807,52											
	15-40	2,5 YR 3/4		AB	830,00	100,00	20,00	50,00	0,12	muito argilosa	0,25	0,05	0,02	0,03	6,66	0,10	6,76	0,42	8,78	4,60	4,87	-0,27	24,00	14,87	713,24											
	40-100	2,5 YR 4/7		Bw1	820,00	100,00	20,00	60,00	0,12	muito argilosa	0,07	0,09	0,00	0,01	1,86	0,10	1,96	0,21	2,55	5,05	5,25	-0,20	16,00	51,02	411,76											
	100-155	2,5 YR 4/7		Bw2	810,00	110,00	20,00	60,00	0,14	muito argilosa	0,04	0,09	0,00	0,01	11,44	0,10	11,54	0,17	14,99	5,48	5,48	0,00	15,90	8,67	285,71											
	155-200+	2,5 YR 3,5/6		BC	810,00	120,00	20,00	50,00	0,15	muito argilosa	0,00	0,10	0,00	0,08	4,72	0,18	4,90	0,22	6,36	5,78	5,64	0,14	10,70	36,73	0,00											
2	0-20	2,5 YR 3/2	LVw2	A	730,00	140,00	40,00	90,00	0,19	muito argilosa	1,10	0,11	0,11	0,04	3,34	0,26	3,60	1,87	4,68	4,15	4,45	-0,30	44,90	72,95	807,15											
	20-27	2,5 YR 4/6		AB	780,00	110,00	30,00	80,00	0,14	muito argilosa	0,19	0,10	0,04	0,01	3,38	0,15	3,53	0,43	4,58	4,53	4,96	-0,43	27,20	41,38	565,65											
	27-45	2,5 YR 4,5/6		BA	810,00	100,00	20,00	70,00	0,12	muito argilosa	0,04	0,09	0,01	0,01	2,22	0,11	2,33	0,18	3,02	4,88	5,26	-0,38	19,60	45,21	275,62											
	45-145	2,5 YR 4/8		Bw	810,00	100,00	20,00	70,00	0,12	muito argilosa	0,03	0,07	0,00	0,00	7,24	0,07	7,31	0,12	9,49	5,30	5,58	-0,28	13,90	9,58	300,00											
	145-185	2,5 YR 4/6		BC	810,00	100,00	10,00	80,00	0,12	muito argilosa	0,01	0,11	0,00	0,10	5,50	0,21	5,71	0,27	7,42	5,91	5,62	0,29	11,20	36,78	45,45											
3	0-25	2,5 YR 4/2	LVw3	A	690,00	110,00	60,00	140,00	0,16	muito argilosa	1,37	0,13	0,15	0,10	13,76	0,38	14,14	2,54	18,37	3,97	4,56	-0,59	62,40	27,14	781,14											
	25-45	2,5 YR 4/4		BA	760,00	110,00	30,00	100,00	0,14	muito argilosa	0,11	0,11	0,02	0,03	6,48	0,16	6,64	0,36	8,62	4,61	4,92	-0,31	23,20	24,17	406,64											
	45-110	2,5 4/6		Bw1	750,00	110,00	30,00	110,00	0,15	muito argilosa	0,01	0,09	0,00	0,01	4,62	0,10	4,72	0,15	6,13	5,16	5,31	-0,15	21,70	21,19	90,91											
	110-165	2,5 YR 4,5/8		Bw2	760,00	120,00	30,00	90,00	0,16	muito argilosa	0,00	0,08	0,00	0,01	3,34	0,09	3,43	0,12	4,45	5,56	5,65	-0,09	12,90	26,24	0,00											
	165-190+	2,5 YR 4/6		BC	760,00	140,00	20,00	80,00	0,18	muito argilosa	0,00	0,09	0,00	0,00	1,82	0,09	1,91	0,12	2,48	6,04	5,75	0,29	9,10	47,12	0,00											
7	0-25	7,5 YR 4/4	LVw4	A	590,00	120,00	120,00	170,00	0,20	argilosa	0,66	0,16	0,10	0,07	1,02	0,33	1,35	1,68	1,76	4,30	5,25	-0,95	43,00	245,88	664,94											
	25-55	7,5 YR 4/6		BA	640,00	130,00	90,00	140,00	0,20	muito argilosa	0,09	0,12	0,03	0,03	0,92	0,18	1,10	0,42	1,43	4,81	5,58	-0,77	26,60	164,22	332,39											
	55-115	7,5 YR 5/6		Bw1	670,00	140,00	70,00	120,00	0,21	muito argilosa	0,04	0,11	0,00	0,01	9,98	0,12	10,10	0,24	13,12	5,36	5,65	-0,29	17,60	11,88	250,00											
	115-200	1,5 YR 4/8		Bw2	670,00	160,00	60,00	110,00	0,24	muito argilosa	0,00	0,00	0,00	0,00	7,30	0,00	7,30	0,00	9,48	5,52	6,20	-0,68	12,20	0,00	0,00											
	0-15	5 YR 3/3		LVw5	A	690,00	100,00	90,00	120,00	0,14	muito argilosa	0,55	0,00	0,10	0,06	4,76	0,16	4,92	1,03	6,39	4,40	5,51	-1,11	38,40	32,02	777,46										
15-23	5 YR 4/4	AB	700,00		130,00	70,00	100,00	0,19	muito argilosa	0,15	0,00	0,06	0,04	3,20	0,10	3,30	0,35	4,28	4,67	5,62	-0,95	31,30	29,25	608,74												
23-60	3,5 5,5/6	BA	720,00		120,00	50,00	110,00	0,17	muito argilosa	0,07	0,00	0,02	0,02	3,82	0,04	3,86	0,15	5,01	5,01	5,68	-0,67	21,70	9,18	664,23												
60-135	2,5 YR 5,5/8	Bw1	750,00		120,00	40,00	90,00	0,16	muito argilosa	0,02	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	6,00	0,03	7,79	5,54	5,87	-0,33	16,80	0,00	1000,00												
135-185	2,5 YR 4/8	Bw2	770,00		130,00	30,00	70,00	0,17	muito argilosa	0,00	0,01	0,00	0,00	3,72	0,01	3,73	0,01	4,84	6,09	5,95	0,14	13,80	2,68	0,00												

Tabela 7 – Análise mineralógica dos horizontes diagnósticos dos Latossolos da pedossequência de estudo no CZ.

Perfil	prof. (cm)	Horizontes	Cor úmida	classe	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	Ki	Kr	Ct	Gb	RCGb	Gt	Hm	RHG
					g.kg ⁻¹						g.kg ⁻¹			g.kg ⁻¹		
1	100-155	Bw2	2,5 YR 4/7	LVw1	54,00	264,00	155,00	15,80	0,35	0,25	115,99	333,74	0,26	49,56	110,45	0,69
2	45-145	Bw	2,5 YR 4/8	LVw2	56,00	265,00	145,00	16,70	0,36	0,27	120,28	332,68	0,27	41,74	107,48	0,72
3	110-165	Bw2	2,5 YR 4,5/8	LVw3	40,00	241,00	145,00	15,90	0,28	0,20	85,92	316,73	0,21	45,85	103,79	0,69
7	55-115	Bw1	7,5 YR 5/6	LVw4	37,00	211,00	147,00	14,20	0,30	0,21	79,47	274,734	0,224	159,2	3,9158	0,02
	115-200	Bw2	1,5 YR 4/8		28,00	242,00	145,00	14,70	0,20	0,15	60,14	333,83	0,15	24,53	123,85	0,84
8	135-185	Bw2	2,5 YR 4/8	LVw5	38,00	255,00	155,00	16,20	0,26	0,19	81,62	340,74	0,19	44,62	114,89	0,72

* Ct (Caulinita), Gb (Gibsitita), Gt (Goethita), Hm (Hematita), RCGb [razão caulinita/(caulinita+gibbsita)] e RHG [(razão hematita/(hematita+goethita))]

De acordo com as tabelas 2 e 3 é possível classificar dois tipos de Latossolos: Latossolo Vermelho Ácrico húmico e o Latossolo Vermelho Ácrico típico em um arranjo de duas seqüências intercaladas por Cambissolos. Os Latossolos representados pelos três primeiros perfis são classificados como Latossolo Vermelho Ácrico húmico (Perfil 1 e 3) e Latossolo Vermelho Ácrico típico (Perfil 2) (Figura 24).

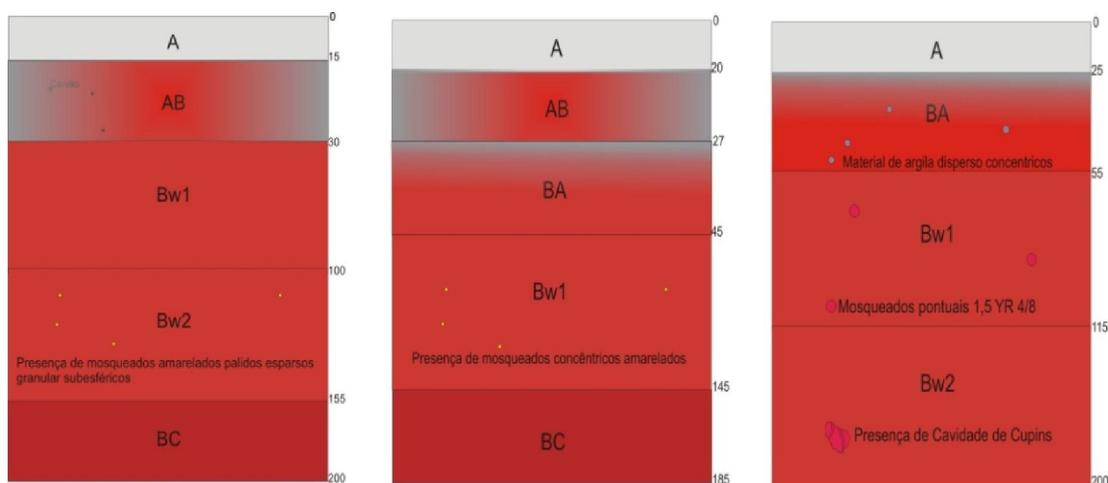


Figura 24 - Ilustração esquemática dos perfil 1, 2, 3 da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.

O Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw1) do primeiro perfil localizado mais a montante da pedossequência é caracterizado por ter caráter ácrico. Os critérios determinantes para o caráter ácrico podem ser observados na tabela 1 referentes ao horizonte Bw2, onde o valor de Capacidade Efetiva de Troca de Cátions (CETC) é menor que $1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ argila, pH em KCl maior que 5,0 e ΔpH nulo. Os Latossolos com essas características são solos altamente intemperizados, sendo, portanto, incompatíveis com solos que apresentam argila de atividade alta, ou solos imaturos (OLIVIERA, 2008).

Verifica-se a presença de horizonte A húmico com $53,20 \text{ g.kg}^{-1}$ de matéria orgânica (MO). É importante salientar que a caracterização mineralógica (Tabela 2) apresenta valores baixos de Ki (0,35) e Kr (0,25), razão de caulinita/ (caulinita + gibbsita) (RCGb) com valor de 0,26 e elevada quantidade de gibbsita igual a $333,74 \text{ g.kg}^{-1}$. O valor de Fe_2O_3 se manteve entre 80 e 180 g.kg^{-1} caracterizando um solo mesoférrico ($155,00 \text{ g.kg}^{-1}$).

A transição dos seus horizontes é classificada como gradual e plana. No horizonte AB identifica-se a presença de fragmentos de carvão. Isso pode ser explicado pelas recorrentes queimadas na região (ICMBio, 2005). No horizonte Bw2 são observados mosqueados sub-esféricos amarelados bem espaçados e pequenos. Todos os horizontes apresentam uma textura muito argilosa e cor úmida entre 2 e 4 para o valor e entre 4 e 7 para o croma. No horizonte BC observa-se várias perfurações com seções cilíndricas milimétricas atribuídas a atividade biológica (Figura 25). Basicamente, a estrutura dos horizontes é formada por blocos que se desfazem em estrutura granular (Figura 26).



Figura 25– Amostra do horizonte BC do Perfil 1 apresentando vários orifícios cilíndricos atribuídos a atividade biológica.



Figura 26- Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw1, Perfil 1) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.

O perfil 2 de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw2) apresenta valores de CETC menores que $1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ argila, pH em KCl maior que 5,0, porém com um ΔpH perto de zero com valor de -0,28 para o Bw, podendo ser explicado pela elevação

do pH no sistema favorecendo há dissolução das hidroxilas e conseqüentemente liberando cargas negativas. É importante salientar que o LVw2 apresenta mineralogia bastante similar com o perfil 1 mostrando valores de 0,36 para o K_i , e RCGb e Fe_2O_3 respectivamente com 0,47 e 145 $g.kg^{-1}$ mantendo a tendência gibbsítica e mesoférrica. Além disso, o horizonte A é diagnosticado como horizonte A proeminente com 4,49 $g.kg^{-1}$ de MO, espessura de 27 cm e V menor que 650 $g.kg^{-1}$.

Todos os horizontes apresentam matiz de 2,5YR, valor entre 3 e 4,5 e croma entre 2 e 8, com textura muito argilosa e transição gradual e plana. A estrutura é formada por blocos que se desfazem em estrutura granular (Figura 27). No Horizonte Bw1 são identificados mosqueados concêntricos amarelados e pequenos com cor 5YR 6/8 e estruturas biológicas como canais milimétricos de seção cilíndrica e depósitos argilosos ao longo destes vazios (Figura 28).

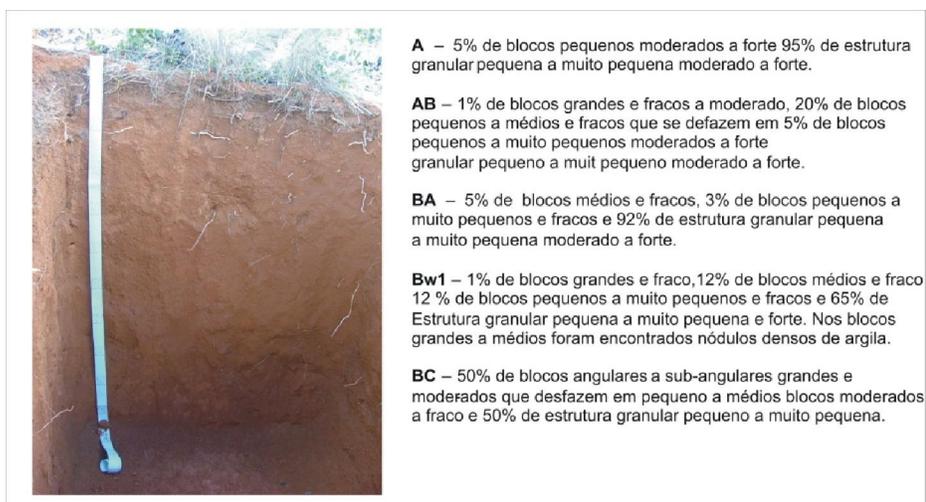


Figura 27 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw2, Perfil 2) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.



Figura 28– Atividade Biológica em uma amostra do horizonte Bw1.

No perfil 3 aparece novamente um Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw3) com características analíticas bem similares ao LVw1. No entanto, nota-se uma pequena influência da MO, mantendo o ΔpH negativo. Porém, os valores de CETC (0,12 cmolc. dm^{-3}) e pH em KCl (5,65) ajudam a manter este solos dentro dos parâmetros requisitados para o caráter ácrico (EMBRAPA, 2006). Apresenta horizonte A húmico com MO igual a 62,4 g.kg^{-1} . O horizonte Bw2 manteve a similaridade mineralógica com os outros horizontes diagnósticos dos perfis anteriores com Ki igual a 0,28, Kr menor que 0,75, RCGb igual a 0,21 e Fe_2O_3 com 145,00 g.kg^{-1} .

Todos os horizontes mostram textura muito argilosa e transição gradual e plana e estrutura em blocos subangulares que se desfazem em estrutura granular (Figura 29). Observa-se nódulos de argila concêntricos dispersos e pequenos ao longo do BA, alguns mosqueados pontuais com cor 1,5YR 4/8 no Bw1 e cavidades de térmitas ao longo de todo perfil.

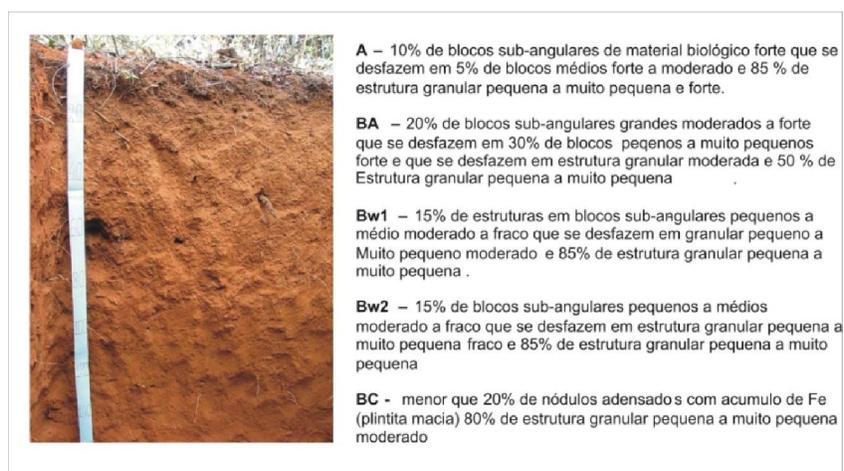


Figura 29 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw3, Perfil 3) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.

Conforme mencionado anteriormente os Latossolos representados nessa pedossequência são intercalados por três perfis de Cambissolos (perfis 4, 5 e 6). Desta forma, são apresentados os perfis 7 e 8 de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw4) e Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw5) respectivamente (Figura 30).

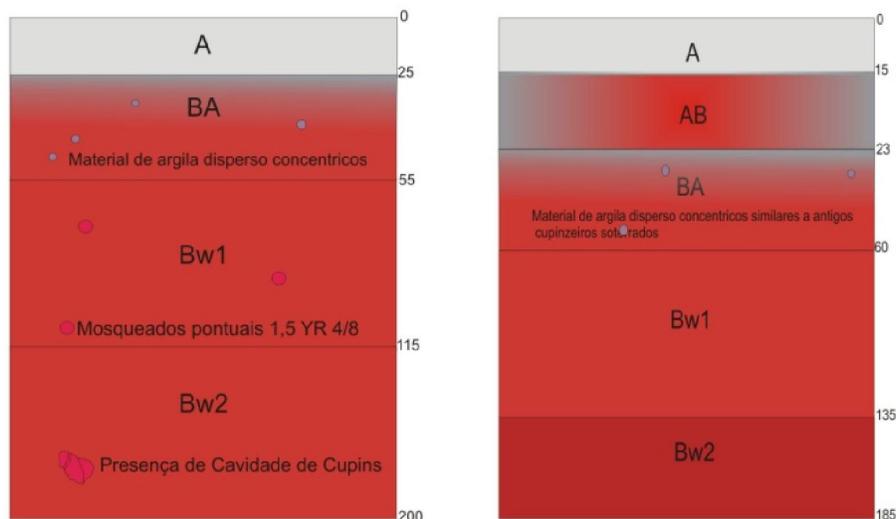


Figura 30 - Ilustração esquemática dos perfis 7 e 8 da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.

O Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw4) é o único representante de matiz menor que 1,5YR para o Bw2 com características analíticas similares aos demais Latossolos referentes aos parâmetros para horizonte A húmico, caráter ácido e tendências gibbsíticas nos horizontes diagnósticos (Tabelas 6 e 7). Contudo, o perfil 7 mostra dois horizontes diagnósticos latossólicos – Bw1 e Bw2- com valores de atividade fração argila e matizes distintas.

Morfologicamente, os horizontes apresentam textura muito argilosa, menos para o horizonte A que apresenta textura argilosa, transição difusa e plana entre os horizontes e estrutura descrita conforme a Figura 31. Foi observado nódulos pequenos de argila dispersos e concêntricos ao longo do BA. No Bw1 e Bw2 observa-se variação abrupta entre as matizes podendo ser explicada pelo regime hídrico. Macedo e Brant (1987) explicam que a classe Latossolo Vermelho (LV) é típica de ambientes bem drenados, em relevo plano, seguidos para Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) em situação de borda de chapada. Dessa forma, a classe LVA seria um produto de degradação de classe LV em ambientes com atividade mais elevada da água que provoca a dissolução preferencial da hematita em relação à goethita. Além disso, a atividade biológica no horizonte Bw1 influencia na formação de pedotúbulos (pequenos adensados de argila de origem biológica) provocando maior dificuldade na circulação da água. Porém, apesar de ter característica de um Latossolo Amarelo no Bw1, apresenta mosqueados pontuais vermelhos com cor de 1,5 YR 4/8 dentro dos blocos (Figura 32).

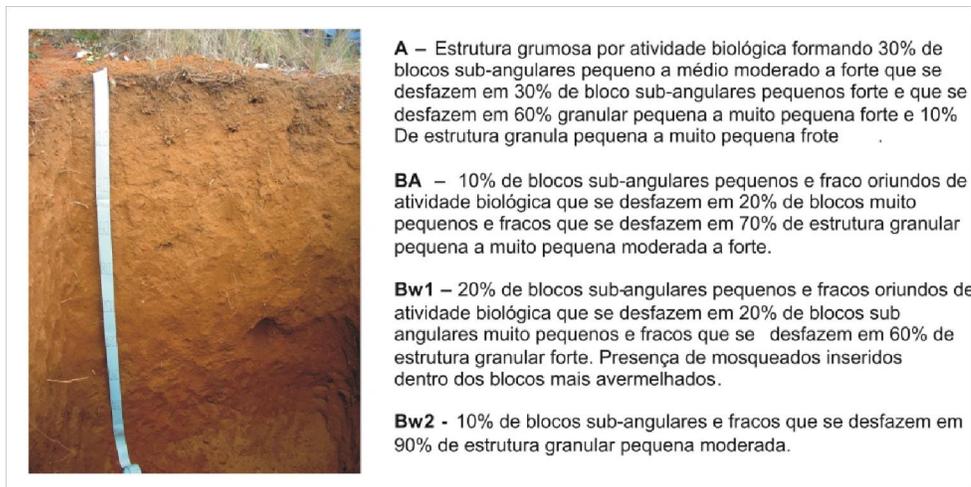


Figura 31 - Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico húmico (LVw4, Perfil 7) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.



Figura 32- Amostra de Bw1 do perfil 7 (LVw4) com mosqueados vermelhos com cor de 1,5 YR 4/8

O último perfil de Latossolo é classificado como Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw5) com parâmetros físico-químicos e mineralógico equivalentes ao perfil 2. De acordo como as análises laboratoriais, manteve a tendência gibbsítica, mesoférrica e características que atendem ao caráter ácido apresentando valores de CETC menores que $1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ argila, pH em KCl maior que 5,0 e ΔpH positivo com valor de 0,14. O horizonte A é determinado como horizonte A proeminente com $38,40 \text{ g.kg}^{-1}$ de MO. A transição entre os seus horizontes (Figura 33) é classificada como gradual e plana até os primeiros 23 cm e difusa e plana a partir dos 23 cm até os 185 cm. No Horizonte BA encontra-se material similar a antigos termiteiros (Figura 34).

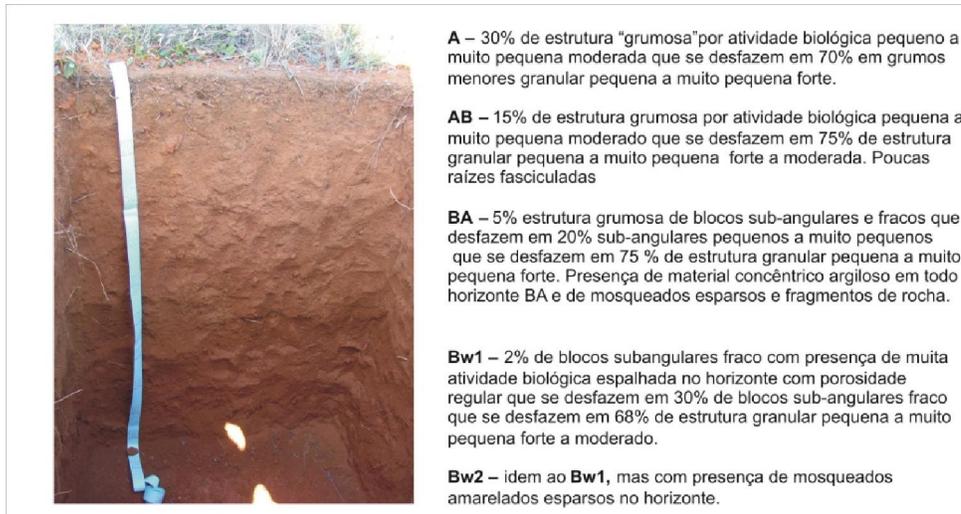


Figura 33- Perfil de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw5, Perfil 8) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.



Figura 34– Antigas casas de cupins observadas no horizonte BA do Perfil 8.

4.3.2 CAMBISSOLOS

No CZ os Cambissolos ocorrem com maior abundância devido às condições geomorfológicas da região em relevo desde suave ondulado a ondulado com formas multiconvexas, especialmente sobre saprólitos de filitos. Além disso, observa-se a sua relação com os campos limpos e em ambiente de transição entre os campos limpos e cerrado sentido restrito (Figura 35).

Os Cambissolos compreendem solos minerais, não hidromórficos, com o horizonte A seguido de B incipiente, em poucos centímetros, subjacente ao C, pouco profundos até profundo com presença abundante de minerais primários facilmente intemperizáveis e relação silte/argila elevada (EMBRAPA, 2006). Apresentam grande variação das propriedades físico-químicas e maior potencial erosivo.

Nesses solos do CZ são observadas características morfológicas e analíticas pertencentes a classe dos Latossolos, principalmente nos parâmetros que definem o caráter ácrico como ΔpH positivo ou nulo, $\text{pH em KCl} > 5$ e $\text{CETC} < 1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$.



Figura 35 - Campos Limpo de cerrado associado aos Cambissolos e ao fundo Cerrado Sentido Restrito em ambiente de transição.

A seguir é apresentada a Tabela 8 com as análises físico-químicas e a Tabela 9 de mineralogia dos horizontes diagnósticos dos Cambissolos encontrados na pedossequência.

Tabela 8 – Análises físicas e químicas dos Cambissolos da pedossequência de estudo no CZ.

Perfil	Corrdenadas geográfica	Cor úmida	classe	Horizontes	Argila	Silte	A.Grossa	A. Fina	Silte/Argila	Textura	Al	Ca	K	Mg	H+Al	S	CTC	CETC argila	CTC argila	KCl	H2O	Δ	MO	V	M
					g.kg ⁻¹				Argila		(cmolc. dm ⁻³)												pH		
4	-20,142Lat -46,892 Long	10YR 3/3	CXbd	A	520	260	40	180		0,5	argiloso	0,50	0,13	0,11	0,08	8,10	0,32	8,42	1,58	10,94	4,42	5,41	-0,99	33,40	38,33
		10YR4,5/6		ABi	340	280	80	300	0,82	média	0,17	0,09	0,02	0,03	0,98	0,14	1,12	0,91	1,46	4,65	5,37	-0,72	18,70	125,40	547,48
		7,5 YR 5/8		Bi	360	270	50	320	0,75	argiloso	0,00	0,10	0,00	0,01	7,72	0,11	7,83	0,31	10,17	5,80	5,80	0,00	7,80	14,05	0,00
		5YR 6,5/8		Cr	20	310	20	650	15,5	média	0,01	0,06	0,00	0,01	5,18	0,07	5,25	4,00	6,82	5,73	5,78	-0,05	0,00	13,33	125,00
5	-20,141 Lat -46,891 Long	7,5YR 3/2	CHd1	A	330	300	110	260	0,91	média	0,47	0,14	0,09	0,07	1,88	0,30	2,18	2,34	2,83	4,50	5,53	-1,03	30,60	138,53	608,57
		7,5YR 5/8		AB	330	290	110	270	0,88	média	0,01	0,09	0,02	0,03	4,00	0,14	4,14	0,46	5,38	5,19	5,86	-0,67	18,70	33,94	66,44
		5 YR 5/8		Biw	370	320	70	240	0,86	argilosa	0,00	0,08	0,00	0,00	1,58	0,08	1,66	0,22	2,16	6,09	5,99	0,10	9,00	48,19	0,00
		3,5YR 5/8		Biwf	470	190	70	270	0,4	argilosa	0,00	0,11	0,00	0,00	2,06	0,11	2,17	0,23	2,82	6,04	5,96	0,08	7,00	50,69	0,00
6	-20,139 Lat -46,893 Long	7,5YR 4/2	CHd2	A	130	250	0	620	1,92	média	0,96	0,13	0,10	0,07	6,82	0,30	7,12	9,67	9,24	4,21	5,45	-1,24	27,90	41,79	763,46
		7,5 YR 7/6		AB	120	220	190	470	1,83	média	0,01	0,10	0,02	0,02	2,72	0,14	2,86	1,21	3,71	5,12	5,97	-0,85	8,20	47,41	68,78
		7,5YR 6/8		1Bi	120	210	150	520	1,75	média	0,00	0,10	0,00	0,01	9,72	0,11	9,83	0,92	12,77	6,25	6,18	0,07	4,70	11,19	0,00
		7,5YR 5,5/8		2Bi	170	210	120	500	1,24	média	0,00	0,12	0,00	0,00	6,90	0,12	7,02	0,71	9,12	6,27	6,11	0,16	0,00	17,09	0,00

*S (soma das bases), CTC (capacidade de troca de cátions), CETC (capacidade efetiva de troca de cátions), CTC argila (Capacidade de troca de cátions da Argila), MO (Matéria Orgânica) V (saturação de bases) e M (saturação de Alumínio).

Tabela 9 - Análise mineralógica dos horizontes diagnósticos dos Cambissolos da pedossequência de estudo no CZ.

Perfil	prof. (cm)	Horizontes	Cor úmida	Classe	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	Ki	Kr	Ct	Gb	RCGb	Gt	Hm	RHG
					g.kg ⁻¹						g.kg ⁻¹			g.kg ⁻¹		
4	27-145	Bi	7,5 YR 5/8	CXbd	37,00	177,00	85,00	9,50	0,36	0,27	79,47	222,73	0,26	87,04	6,76	0,07
5	45-105	Biw	5 YR 5/8	CHd1	33,00	173,00	91,00	13,40	0,32	0,24	70,88	221,80	0,24	61,01	36,16	0,37
	105-135	Biwf	3,5YR 5/8		34,00	194,00	95,00	12,50	0,30	0,23	73,03	252,62	0,22	44,56	54,95	0,55
6	45-65	1Bi	7,5YR 6/8	CHd2	22,00	93,00	55,00	6,10	0,41	0,30	47,25	113,70	0,29	58,47	2,44	0,04
	65-85	2Bi	7,5YR 5,5/8		22,00	99,00	56,00	6,60	0,38	0,28	47,25	122,88	0,28	59,00	3,38	0,05

* Ct (Caulinita), Gb (Gibbsita), Gt (Goethita), Hm (Hematita), RCGb [razão caulinita/(caulinita+gibbsita)] e RHG [(razão hematita)/(hematita+goethita)]

De acordo com as Tabelas 8 e 9 é possível classificar três tipos de Cambissolos: Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (Perfil 4) o Cambissolo Húmico Tb Distrófico latossólico (Perfil 5) e Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico (Perfil 6) (Figura 36).

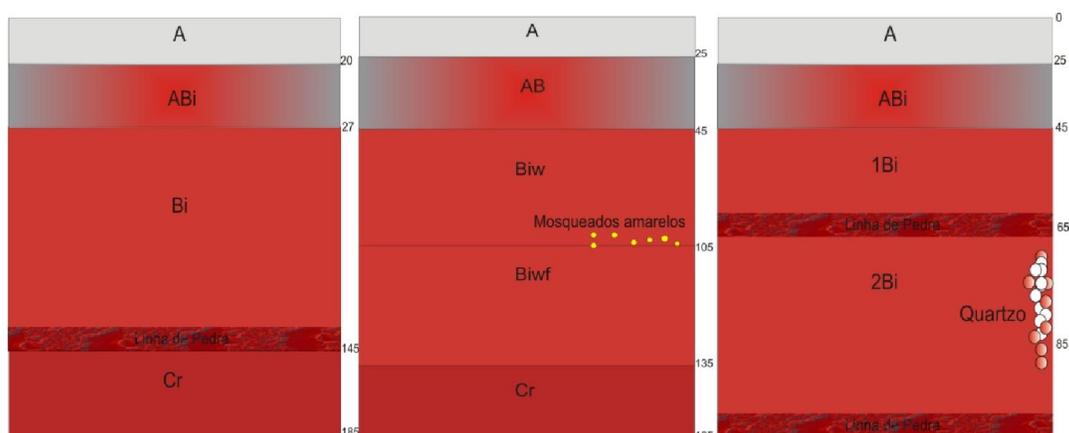


Figura 36 - Ilustração esquemática da organização dos horizontes dos perfis 4 (CXbd), 5 (CHd1) e 6 (CHd2) da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em centímetros.

O Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico (CXbd) é caracterizado por argila de atividade baixa ($Tb < 27 \text{ cmolc.kg}$) e baixa saturação por bases ($V < 500 \text{ g.kg}^{-1}$) na maior parte do horizonte B (inclusive BA), dentro de 120 cm da superfície do solo. Além disso, é classificado como um solo com horizonte A proeminente de 27 cm de profundidade (incluindo A e ABi) e MO igual a $33,40 \text{ g.kg}^{-1}$ no horizonte A. É importante salientar que o Horizonte A não atende ao limite de 25cm para o Horizonte A proeminente se colocando, assim, entre o A moderado e o A proeminente, porém esse perfil está em ambiente de transição entre Cerrado Sentido Restrito e Campos Limpo onde é natural encontrar valores não correspondentes aos parâmetros que determinam a classificação dos horizontes.

Para o seu horizonte diagnóstico as análises químicas demonstram baixa CTEC ($< 1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$), e um incremento de H+Al ($7,72 \text{ cmolc.dm}^{-3}$). Observa-se também que se trata de um solo gibbsítico com razão RCGb de $0,26 \text{ g.kg}^{-1}$ e mesoférrico com valor de Fe_2O_3 igual a $85,00 \text{ g.kg}^{-1}$. Apresentam valores de Ki e Kr igual a 0,36 e 0,27 respectivamente com um pequeno acréscimo em relação ao perfil 3. Solos com valores de Kr muito baixo, inferiores a 0,75, confirmam a baixa CETC dos solos subsuperficiais, atribuída aos elevados teores de Óxidos de Al na fração argila (MOTTA e MELLO, 2009).

Seus Horizontes são caracterizados por uma transição clara e plana até os primeiros 27 cm e difusa e plana no restante. O perfil 4 indica influência de atividade biológica a longo de toda face observada na descrição do solo (Figura 37 e 38). No horizonte Bi verifica-se uma textura cascalhenta, principalmente nos centímetros finais que antecedem a linha pedra formado por quartzo.

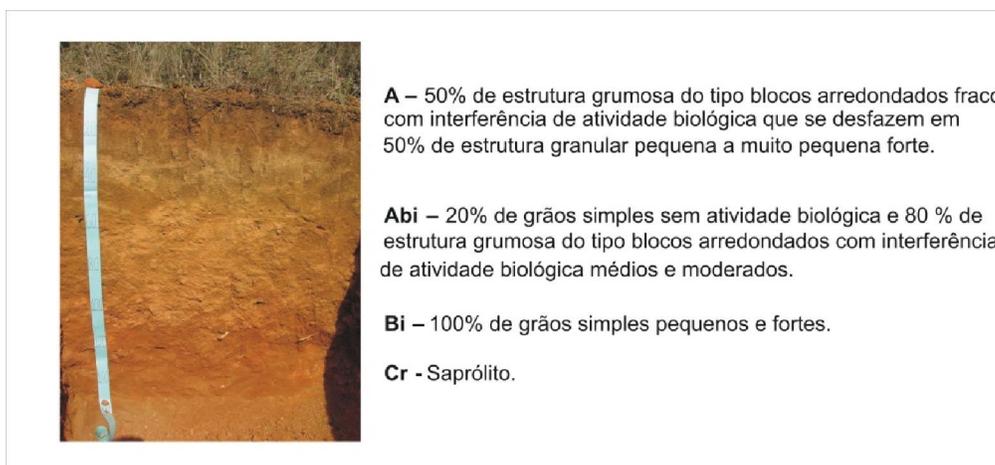


Figura 37- Perfil de Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (CXbd, Perfil 4) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.



Figura 38- Influência da atividade biológica no horizonte A Proeminente (A e B) e em um fragmento de saprólito (C) no perfil 4.

Os Cambissolos Húmicos Distróficos latossólicos (CHd1) são solos que apresentam o horizonte B incipiente com características morfológicas similares a do B latossólico, porém com espessura e uma ou mais características físicas, químicas ou mineralógicas que não atendem aos requisitos para B latossólico, dentro de 150 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006). Por exemplo, o horizonte Biwf atende a parâmetros químicos e mineralógicos para um Latossolo, com exceção da relação silte/argila (maior que 0,7) e espessura (menor que 50 cm). O horizonte A é classificado como Húmico com valores de MO igual a 27 g.kg⁻¹. Também se observa uma transição difusa e plana entre todos os horizontes (Figura 39).



Figura 39– Perfil de Cambissolo Húmico Distrófico latossólico (CHd1, Perfil 5) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.

O Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico (CHd2) apresenta uma transição plana e gradual entre os seus horizontes (Figura 40). Além disso, duas linhas de pedra formadas basicamente por linhas de quartzo com óxidos de ferro acumulado dividem o horizonte Bi em dois. A partir do perfil lateral da face estudada, também, observa-se a entrada do *solum* (Figura 40). O horizonte Cr observado na base deste perfil é caracterizado por um saprólito caulínítico muito espesso, com centenas de metros, apresenta continuidade lateral, como é evidenciado nas bordas da chapada, onde aflora abundantemente.

De acordo com as análises laboratoriais, é possível identificar valores abaixo do esperado de CTC da argila e K_i tanto para 1Bi (9,83 cmolc.dm^{-3} e K_i igual a 0,41) quanto para o 2Bi (7,02 cmolc.dm^{-3} e K_i igual 0,38). Porém nesse solo é verificada uma relação silte/argila maior que 0,7, característico de horizonte B incipiente. É importante ressaltar que esse solo apresentou horizonte A Húmico com 27,90 g.kg^{-1} e saturação de bases menor que ($V < 500 \text{ g.kg}^{-1}$).

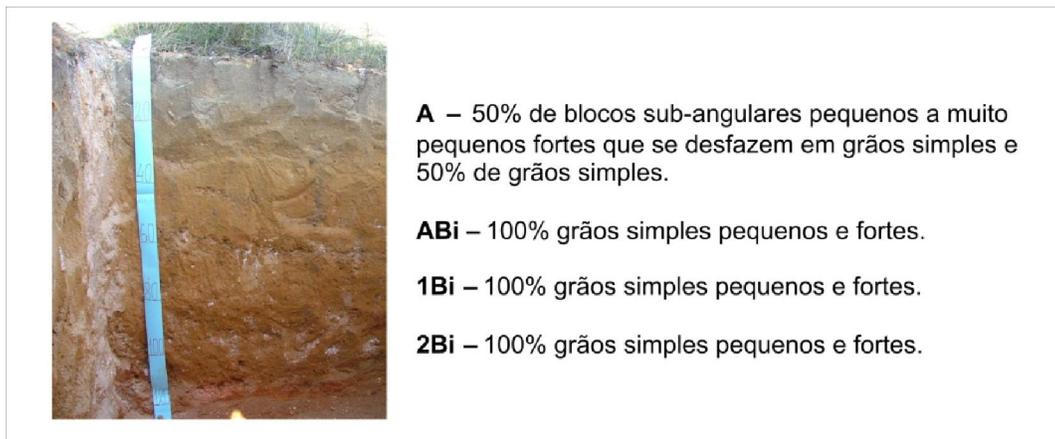


Figura 40 – Perfil de Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico (CHd2, Perfil 6) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.

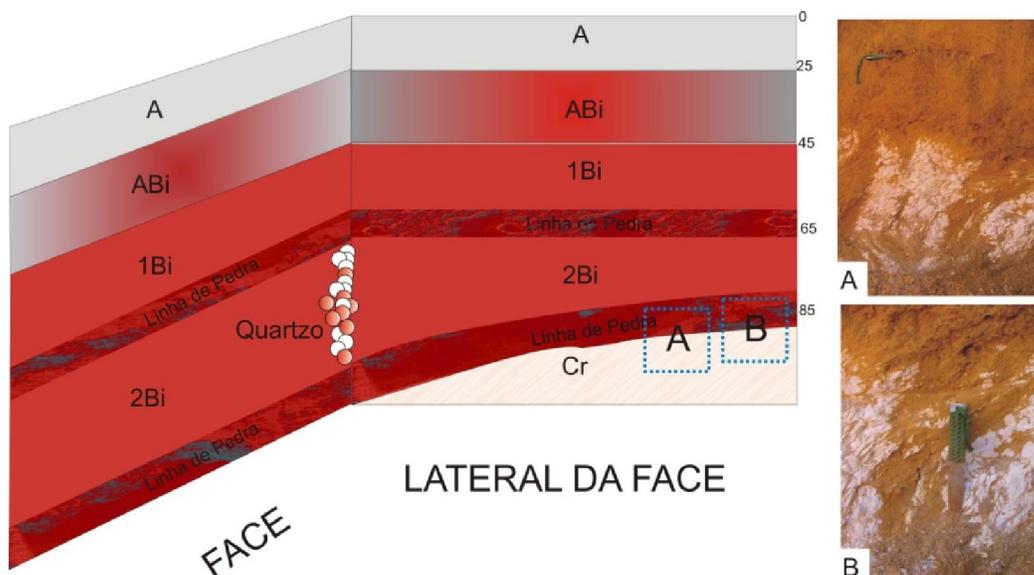


Figura 41– Ilustração esquemática demonstrando a morfologia da face e da sua lateral com a entrada de *solum* no horizonte Cr (foto A e B).

4.3.3 GLEISSOLOS

Os Gleissolos são constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou de horizonte Hístico com menos de 40 cm de espessura (EMBRAPA, 2006).

No CZ os Gleissolos são representativos em toda chapada compondo uma paisagem associada à vegetação de campos limpos úmidos com e sem murundus, além

de fragmentos de Mata de Galeria. A pedossequência contempla dois perfis em Campo Limpo Úmido em relevo suave ondulado: um sobre murundu e outro entre murundus (Figura 42).



Figura 42 - Campos Limpo úmido com murundu (à esquerda) e abertura do perfil 9 de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico entre murundus associados aos Gleissolos (à direita).

A seguir são apresentadas a tabela 10 com as análises físico-química de todos os horizontes desse solo e a tabela 11 de mineralogia dos horizontes diagnósticos dos Gleissolos encontrados na pedossequência.

Tabela 10 – Análises físico-químicas dos Gleissolos da pedossequência de estudo no CZ

Perfil	prof.	Cor úmida	classe	Horizontes	Argila	Silte	A.Grossa	A. Fina	Silte/ Argila	Textura	Al	Ca	K	Mg	H+Al	S	CTC	CETC argila	CTC argila	KCl	H2O	Δ	MO	V	M
	(cm)				g.kg ⁻¹				(cmolc. dm ⁻³)																
9	0-20	10YR 3/2	GXbd1	A	540	130	220	110	0,24	argilosa	0,27	0,03	0,10	0,06	3,72	0,19	3,91	0,85	0,85	4,65	5,59	-0,94	38,80	47,97	590,25
	20-50	10YR 5/6		Cg	500	130	250	120	0,26	argilosa	0,07	0,02	0,05	0,03	7,26	0,10	7,36	0,34	0,34	4,98	5,78	-0,80	25,00	13,76	408,68
10	0-20	10 YR 3/3	GXbd2	A	640	180	70	110	0,28	muito argilosa	0,83	0,02	0,12	0,08	4,80	0,22	5,02	1,65	6,52	4,31	5,56	-1,25	44,70	44,41	788,17
	20-25	10YR 5/4		ACg	640	190	80	90	0,30	muito argilosa	0,15	0,01	0,04	0,03	5,44	0,08	5,52	0,35	7,16	4,68	5,69	-1,01	45,40	13,76	664,02
	25-45	10YR 5/6		Cg1	670	140	90	100	0,21	muito argilosa	0,04	0,00	0,00	0,01	10,46	0,01	10,47	0,07	13,60	5,42	5,76	-0,34	35,20	0,96	800,00
	45-85	10 YR 5,5/8		Cg2	620	140	120	120	0,23	muito argilosa	0,00	0,00	0,00	0,01	2,72	0,01	2,73	0,02	3,55	5,69	5,78	-0,09	32,70	3,66	0,00

*S (soma das bases), CTC (capacidade de troca de cátions), CETC (capacidade efetiva de troca de cátions), CTC argila (Capacidade de troca de cátions da Argila), MO (Matéria Orgânica) V (saturação de bases) e M (saturação de Alumínio).

Tabela 11 – Análises mineralógicas dos horizontes diagnósticos dos Gleissolos da pedossequência de estudo no CZ.

Perfil	prof.	Horizontes	Cor úmida	Classe	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	Ki	Kr	Ct	Gb	RCGb	Gt	Hm	RHG
	(cm)				g.kg ⁻¹						g.kg ⁻¹			g.kg ⁻¹		
9	20-50	Cg	10YR 5/6	GXbd1	41,00	261,00	133,00	16,20	0,27	0,21	88,07	346,02	0,20	148	0,00	0,00
10	45-85	Cg2	10 YR 5,5/8	GXbd2	43,00	280,00	141,00	14,70	0,27	0,20	92,36	372,49	0,20	157	0,00	0,00

* Ct (Caulinita), Gb (Gibbsita), Gt (Goethita), Hm (Hematita), RCGb [razão caulinita/(caulinita+gibbsita)] e RHG [(razão hematita/(hematita+goethita)]

De acordo com as Tabelas 10 e 11 determina-se apenas um tipo de solo hidromórfico. O Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico representa o perfil 9 (GXbd1) e o perfil 10 (GXbd2) (Figura 43).

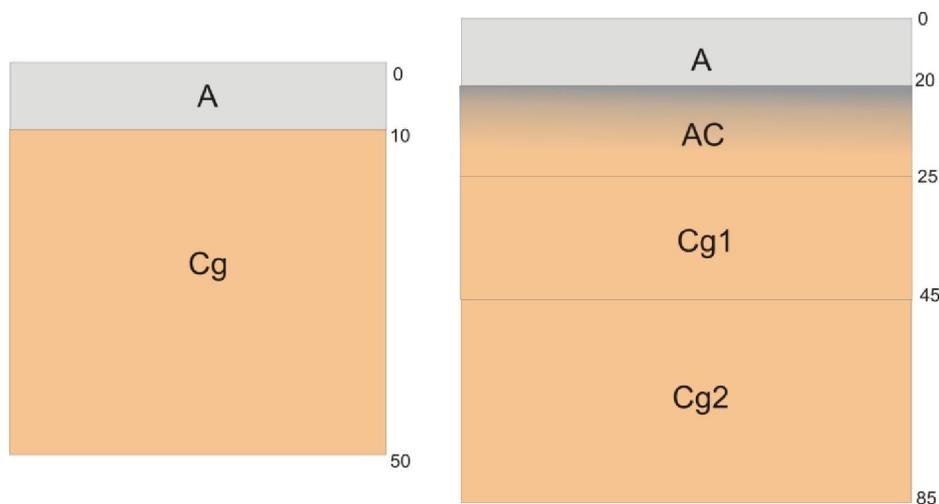


Figura 43- Ilustração esquemática da organização dos horizontes dos perfis 9 (GXbd1) e 10 (GXbd2) da esquerda para direita com as suas respectivas profundidades em cm.

Apesar da proximidade entre eles, os perfis 9 e 10 apresentam características morfológicas distintas. Isso já era esperado devido a localização das trincheiras. O perfil 9 é aberto entre murundus e o perfil 10 em cima de um murundu ambos com horizonte A proeminente.

O GXbd1 é caracterizado pela atividade da fração argila se manter abaixo de 27 cmolc.dm^{-3} . Observa-se também que a saturação por alumínio (M) se manteve muito próxima entre os dois horizontes. Isso pode ser explicado pela influência da MO em ambos os horizontes e pela ação combinada da reduzida CTC com a alta estabilidade da gibbsita promovendo baixos teores de Al^{3+} nos solos oxídicos. É importante salientar que os valores de Ki (0,27), Kr (0,21) e RCGb (0,20) determinando uma composição gibbsítica é bastante incomum em solos hidromórficos autóctones. Motta e Kämpf (1992) explicam que o teor de gibbsita pode aumentar em direção aos solos hidromórficos quando estes se tratam de solos alóctones. Dessa forma, são esperados valores mais altos de Ki e Kr. Porém, a elevada quantidade de Fe_2O_3 pode contribuir para os baixos valores de Ki e Kr. Observa-se, também, teores de goethita superior ($147,0 \text{ g.kg}^{-1}$) a das outras classes de solos descritas devido a preferência da água em dissolver hematita.

A estrutura dos horizontes é descrita conforme Figura 44, onde é verificada a presença de atividade biológica e transição entre os horizontes clara e plana com textura argilosa.

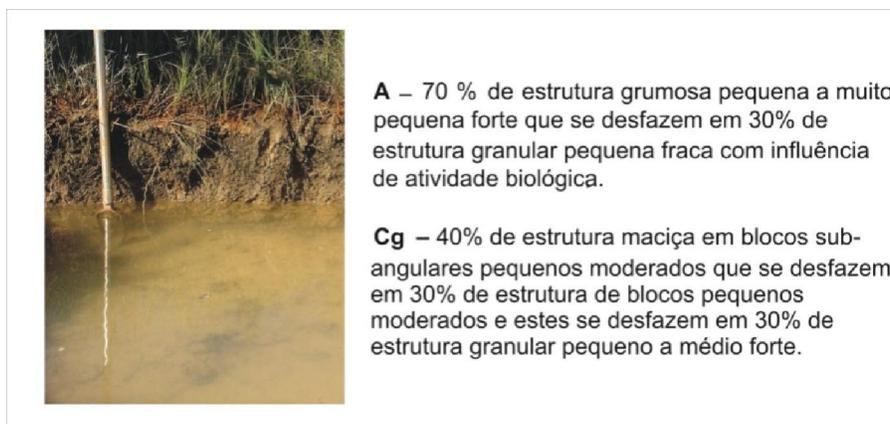


Figura 44- Perfil de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GXbd1, Perfil 9) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.

O GXbd2 mostra características analíticas similares a do GXbd1 diferenciando apenas pelo maior número de horizontes e, no que se refere ao valor de CTC de argila para o horizonte Cg1 caracterizando um horizonte mais coeso. A quantidade de $13,60 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ para atividade da fração argila pode ser explicado pelo valor de H+Al disponível ($10,46 \text{ cmolc.dm}^{-3}$). É possível inferir que os valores de H^+ são altos, pois o valor de Al^+ decresce com a profundidade. Essa disponibilidade de H^+ pode estar relacionada com as substâncias húmicas que incrementam a CTC, protegendo e disponibilizando os cátions e ânions para as plantas (DICK, NOVOTHY, *et al.*, 2009). A textura do solo, também, é um atributo que diferiu do perfil 9 considerada muito argilosa. Os seus horizontes apresentam transição gradual e ondulada para os primeiros 20 cm e transição gradual e plana para o restante do perfil, estrutura grumosa, maciça e granular descrita e intensa atividade biológica de térmitas (Figura 45).

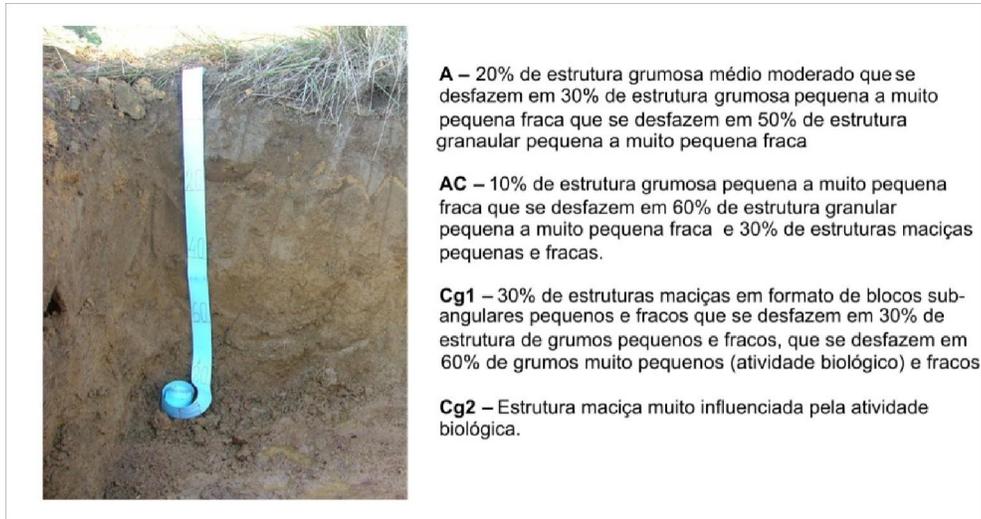


Figura 45 - Perfil de Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico (GXbd2, Perfil 10) com respectiva descrição da Estrutura de seus horizontes.



Figura 46 - Atividade de térmitas ao longo do Perfil 10

5 - DISCUSSÃO

Saadi (1991), fazendo uma releitura de King (1956) e Braun (1971), explica que o soerguimento do maciço teria iniciado provavelmente entre a idade Aptiana e Albiana (Cretáceo Inferior) acelerados no final do Terciário em várias fases separadas por períodos de quiescência onde desenvolveu uma superfície de erosão correlacionada com ciclo erosivo da Superfície Sul-Americano. Hackspacher, Gody, *et. al.*, (2007), ressalta que um novo soerguimento ocorreu no Mioceno com provável relação com episódios da dinâmica Andina sob um regime tectônico compressivo onde reativou lineamentos estruturais associados a estruturas formadoras do Corredor Campo do Meio (SAADI, 1991). As deformações epirogênicas modernas do escudo brasileiro estariam ligadas aos fenômenos orogenéticos dos Andes e abertura do Atlântico Sul, iniciada no Mioceno Médio até os dias atuais (FREITAS, 1951; HASUI, 1990). Assumpção (1992) explica que a interação entre a Placa de Nazca em subducção sob a placa Sul-Americana promove mecanismos de extensão e compressão de direção E-W com variação da intensidade durante o Cenozóico.

A partir dos dados climáticos globais e os cenários de deriva continental Pós-Cretáceo conclui-se que predominaram nas regiões intertropicais com altitudes menores de 2000m condições úmidas e quentes com pequenos intervalos secos e frios durante o Terciário (FRAKES, 1979). O ciclo mais úmido ocorreu durante o Eoceo e parte do Oligoceno, com menos intensidade durante o Mioceno Médio e Plioceno Superior. Períodos mais secos são registrados durante o Mioceno Inferior, Mioceno Superior, Plioceno Inferior (mais intenso) e na transição Plio-Pleistoceno (FRAKES, 1979).

Esses dados indicam que na maior parte do tempo, o intemperismo químico foi mais elevado do que o físico levando a crer que o principal processo de aplainamento foi o de etchplanação. Esse processo é destacado por um intemperismo químico diferencial onde a superfície possui um duplo nivelamento: (a) plano superior com gradiente hídrico baixo e (b) subterrânea, associada ao nível de lençol freático (Büdel, 1986).

Duas evidências morfológicas indicam um possível processo de etchplanação no CZ que podem relacionar-se entre si: os *piping* e os solapamentos. Kirkby (1978) atribui a ocorrência de *piping* ao gradiente hidráulico elevado, presença de íons solúveis no solo, períodos de seca prolongados que favorecem a ocorrência de fissuras e às chuvas intensas e irregulares que reativam percolações concentradas subsuperficiais. Pierson (1983) explica que a ocorrência de rocha não alterada, ou de horizontes menos permeáveis, podem induzir à

concentração subsuperficial da água levando, eventualmente, à formação desses canais. Coelho Netto, (2001) afirma que fluxo subterrâneo pode apresentar-se turbulento no interior de dutos ou canais subterrâneos (*piping*) particularmente quando a matriz do solo circundante estiver saturada ou próxima da saturação associados à atividade biológica e descontinuidades litológicas promovendo o abatimento do terreno. Rocha Leão (2005) identifica *piping* relacionados com o controle lito-estrutural em estudo sobre o crescimento regressivo de voçoroca de cabeceiras.

Nesse sentido, a morfologia dos *pipings* pode ser caracterizada por (a) dutos sem colapso de superfície, (b) dutos com colapso progressivo a partir de várias ramificações subterrâneas formando voçorocas e (c) dutos com colapso parcial sem desenvolvimento de voçorocas (AUGUSTIN e ARANHA, 2006) (Figura 47).

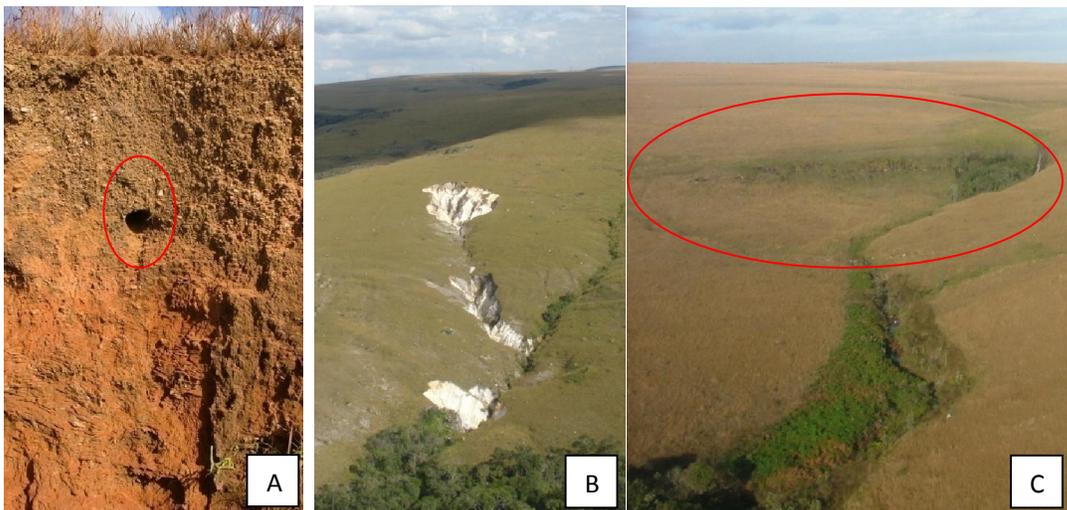


Figura 47- *Piping* no perfil de solos (A), Voçoroca localizada em lineamento estrutural (B) e Abatimento do terreno (C) no CZ.

Além disso, a presença de saprólito caulínítico com baixos teores de ferro pode selar o perfil, promovendo o movimento lateral da água acima desse nível (BIGARELLA, BECKER e SANTOS, 2007) (Figura 48). A formação do horizonte de saprólito espesso pode estar relacionada com processo de laterização do Terciário Inferior responsável pela formação de bauxita, em condições de lento rebaixamento do nível freático, causado por um soerguimento da Superfície Sul-Americana.



Figura 48- Saprólito caulínítico

Os estudos clássicos de evolução geomorfológica das superfícies de aplainamento da região ((KING, 1956; BRAUN, 1971; SAADI, 1991) indicam que os processos ocorreram separados por eventos bruscos na linha do tempo, tanto por mudanças climáticas, como por tectônicas. Nesta visão, a superfície Sul-Americana foi parcialmente dissecada, dando lugar ao ciclo da Superfície Velhas decorrente do soerguimento e mudanças climáticas a partir do Eoceno (KING, 1956).

Nos estudos de Varajão, Gikes e Hart (2001) e Santos (2003) são descritos perfis pedogenéticos superpostos onde o perfil inferior é formado *in situ* e o superior formado a partir dos sedimentos lateríticos coluvionares desenvolvidos sob condições de clima quente e úmido (Neo-Eoceno ao Eoceno Superior), posicionados em sinclinais na Serra da Moeda sobre saprólito caulínítico e substrato de filito. Esses colúvios são formados em pequenas bacias relacionadas a evento neotectônico ocorrido no final do Oligoceno e início do Mioceno (LIPSKI, 2002).

No presente estudo, as características da pedossequência de solos investigada, bem como a sua distribuição espacial, sugerem que processos de deposição pretéritos ocorreram sobre uma paleosuperfície (Figura 49).

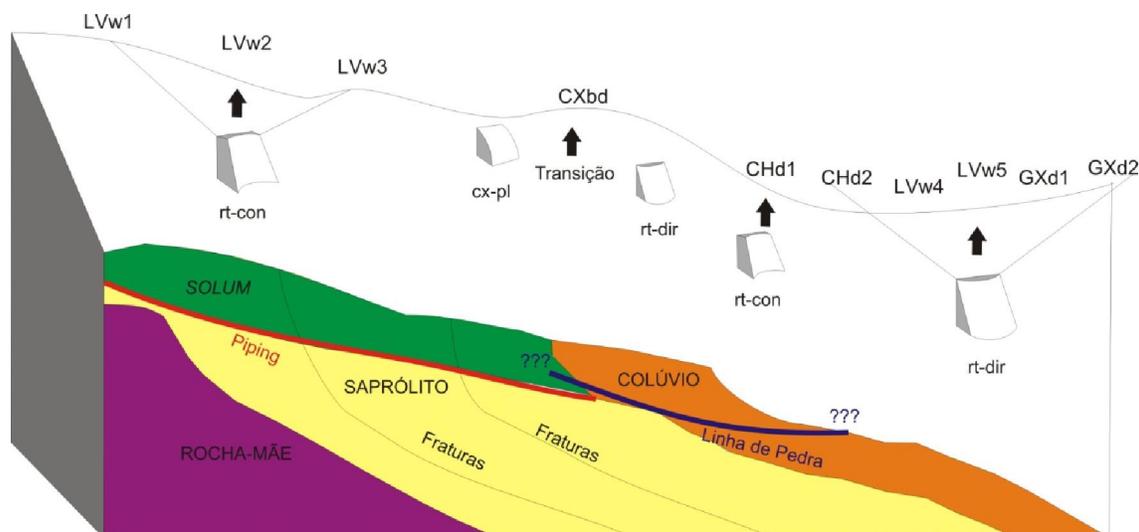


Figura 49 - Perfil esquemático do manto de intemperismo na Pedossequência de Solos com *Solum* sobre saprólito caulínico, piping entre *Solum* e saprólito, colúvio e possível localização da Linha de Pedra (?).

Nos topos os perfis LVw1, LVw2, LVw3 apresentam Formas do Relevo rt-con com desenvolvimento pedológico *in situ*. As camadas subsuperficial podem estar sobre um regime hidrológico mais intenso já que se observa horizonte de transição com o saprólito caulínico (BC) a 155 cm no LVw1. Essa observação também é verificada no LVw2 onde a transição do *solum* com o saprólito acontece dentro de um limite inferior a 155 cm. Esta evidência pode ser creditada a uma constante renovação pedogenética devido ao lento abatimento (solapamentos) das camadas superficiais a partir de *piping*. A Forma do Relevo rt-con do LVw3 corrobora com esta análise de solapamento com conseqüente processo erosivo superficial dentro de um canal de drenagem preferencial.

A presença de CXbd nas transição entre a Forma do Relevo cx-pl e rt-dir pode estar relacionado com afloramento do saprólito caulínico devido a constante perda de material superficial e/ou por influência de uma camada lito-estruturais de maior resistência ao intemperismo. Além disso, observa-se a presença de linha de pedra na transição entre a Superfície de Erosão e Superfície de Deposição. De maneira geral, perfis com linhas de pedra evidenciam solos antigos e muito intemperizados decorrente de diferentes processos (JOHNSON, WATSON-STEGNER, *et al.*, 1987). É complexo concluir qual processo seria mais adequado para a origem das linhas de pedra na região estudada. Santos, Salgado e Rakassi (2010) consideram, predominante a origem autóctone sobre a alóctone relacionada ao intemperismo e erosão de um veio de quartzo. Entretanto, infere-se que a origem das linhas de pedra pode ser fruto da conjunção de diferentes processos autóctones, principalmente, pela

intensa ação biológica e coluviamento em condições de saturação por água já que tais características são observadas na área de estudo (BIGARELLA, BECKER e SANTOS, 2007).

A presença de um Cambissolo de morfologia latossólica (CHd1) sobre Forma do Relevo rt-con sustenta a idéia de rampas de colúvio, pois estes solos guardam registros de depósitos previamente intemperizados (CRUZ, 2006). Nesse sentido, a remoção de material a montante configura uma forma do relevo rt-dir na sua base onde os depósitos lateríticos estão sob novo regime morfológica auxiliado pelo progressivo aumento da declividade. É observado Cambissolo (CHd2) com presença de linha de pedra caracterizado no CXbd seguido por Latossolos (LVw3 e LVw4) mais espessos e Gleissolos (GXd1 e Gxd2).

Com relação a configuração química e mineralógica, observa-se que os Latossolos da pedossequência apresentam caráter ácrico. Nesse contexto, o processo mais importante de formação desses solos é a intensa perda de sílica por lixiviação com resultante acúmulo de óxi-hidróxidos de ferro e de alumínio (JACKSON, 1964; KÄMPF, KLAMT e SCHNEIDER, 1988). Além disso, nesses solos a microagregação é bastante estável e formada por estrutura granular fina, resultado da ação aglutinante pelos altos teores de gibbsita (PEDROTI, FERREIRA, *et al.*, 2003; RESENDE, CURI, *et al.*, 2007). Entretanto, a mineralogia apresenta uma polaridade invertida para a evolução da gibbsita, onde a RCGb tende a diminuir do topo para a base da pedossequência com ligeiro aumento onde o saprólito caulínítico aflora. Essa constatação pode indicar um processo de inversão do relevo e das condições de atividade da água. Nesse sentido, o ambiente hidromórfico localizado em um solapamento deve ter sido no passado um ambiente mais bem drenado e mais similar às condições dos Latossolos que estão no topo da pedossequência atual. Esta indicação da inversão do processo de evolução mineralógica deve estar aliada aos processos de erosão subsuperficial, coluviamento e a organização litoestrutural, que mostra um sinforme na posição mais elevada da paisagem, conforme o que foi observado no sinclinal da Moeda (VARAJÃO, GILKES e HART, 2001).

Desta forma, pode-se sugerir que a Superfície Sul-Americana está sendo dissecada pelo processo contínuo de etchplanação promovido pela erosão subsuperficial (*pipping*), solapamento e formação de rampas de colúvio. Regionalmente, o CZ apresenta uma taxa de soerguimento diferencial e constante mais elevada que o seu entorno (HACKSPACHER, GODOY, *et al.*, 2007), o que pode explicar a inversão de relevo, alçando os sinformes nas porções mais elevadas e condicionando os sedimentos derivados de solos muito intemperizados.

Diante do apresentado, observa-se a seguinte evolução geomorfológica do CZ organizada em Unidades Geomorfológicas, Compartimentação do Relevo e Formas do Relevo de maneira hierárquica conforme o Anexo II. As etapas sugeridas na evolução geomorfológica estão descritas a seguir (Figura 50):

- Cretáceo Superior (99,6 Ma) – processo de denudação física por erosão eólica em clima quente e seco característico de todo Cretáceo. Formação de superfície com baixa declividade e parcialmente dissecada. Início do soerguimento da Superfície Sul-Americana alcançando o sinforme. Quartzito e filitos preservados nos altos topográficos.
- Paleoceno a Oligoceno Inferior (65 Ma a 33 Ma) – Laterização do manto de intemperismo sob condições de clima quente e úmido tornando-o espesso. Constante formação de saprólito caulínítico auxiliado por nova taxa de soerguimento durante o Eoceno (54 Ma a 38 Ma) com formação de Latossolos. Manto de intemperismo selado por saprólito caulínítico. Predomínio de etchplanos na dissecação do relevo com baixa declividade. Início do coluviamento a partir dos sedimentos lateríticos.
- Oligoceno Médio a Mioceno Inferior (28 Ma a 23 Ma) - Período de estabilidade tectônica com clima úmido e intervalos de clima seco. Atuação constante dos *pipings* decorrentes das mudanças da organização estrutural oriundas das épocas anteriores. Formação dos primeiros Solapamentos por denudação física de baixa a média declividade.
- Mioceno Médio (18 Ma) - Nova taxa de soerguimento em condições de clima frio e seco com intervalos de clima úmido predominando a pedimentação no sentido dos Solapamentos já constituídos. Atuação dos *pipings* restrita aos intervalos úmidos retrabalhando Solapamentos de média declividade e formando novos de baixa declividade. Dissecação do Etchplanos auxiliado pelo processo de erosão por drenagem definindo vales entalhados condicionados ao controle estrutural.
- Mioceno Superior a Plioceno Inferior (13 Ma a 5 Ma) - Dissecação do relevo por recuo paralelo das vertentes definindo os Etchplanos Dissecados sob condição de clima frio e seco. Maior intensidade de denudação física e aumento da declividade da paisagem.

- Plioceno Superior a Plio-Pleistoceno (2,88 Ma a 1,8 Ma) – Formação da Etchsuperfície de alta declividade sob condição de clima frio e seco com intervalos de clima úmido. Baixa atuação dos *pipings*.

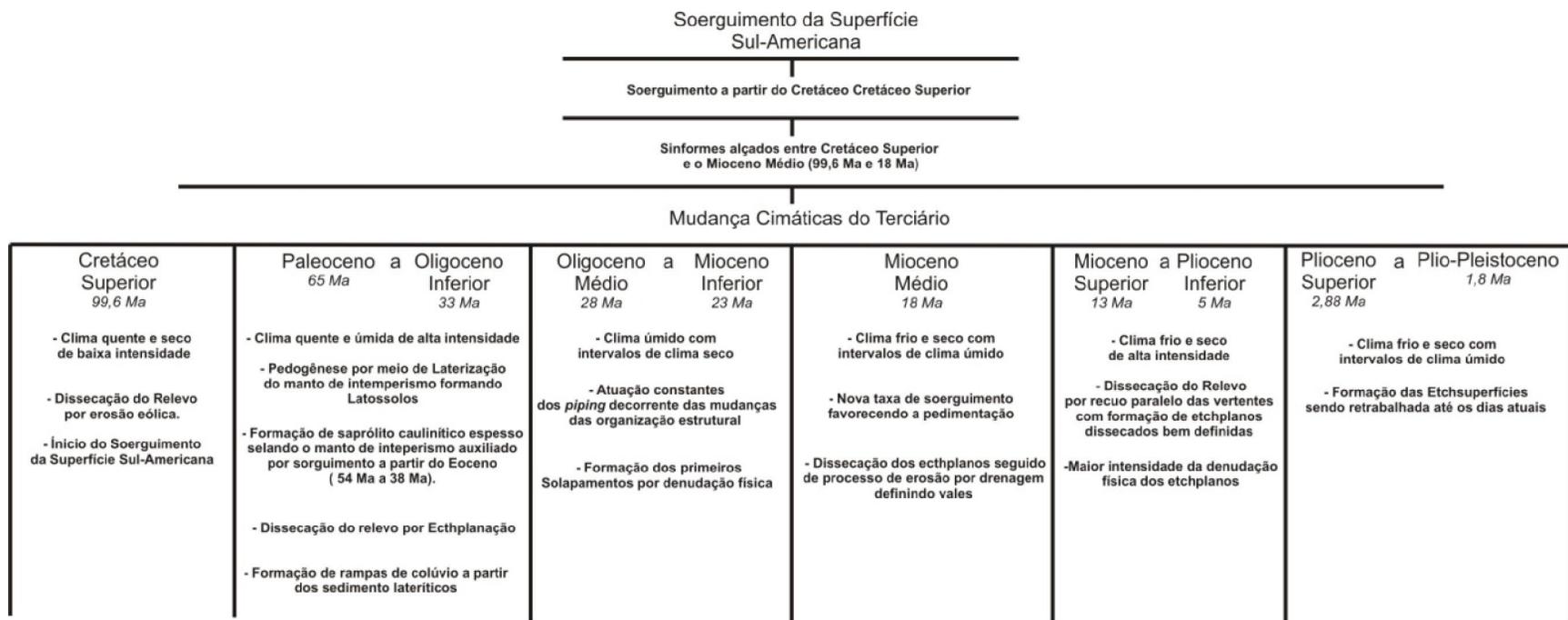


Figura 50 - Proposta de evolução geomorfológica do CZ.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho é proposta uma nova metodologia para o mapeamento das Formas de Terreno e dos Elementos das Formas de Terreno a partir de uma imagem SRTM de 90 m. O método consiste em uma análise hierárquica a partir da 1ª derivada (declividade) que abarca as informações de inclinação do relevo para submissão da análise da 2ª derivada (curvaturas). Nesse sentido, há uma relação hierárquica onde os ambientes obtidos na primeira etapa conservam formas relativamente homogêneas para aplicação da segunda etapa metodológica. O resultado dessa análise produz um espectro denominado assinatura geomorfométrica, que apresenta informações sensíveis a uma análise multi-escalar dentro de uma mesma janela, neste caso, a janela 11x11 da imagem SRTM. O detalhamento da assinatura promove a Compartimentação do Relevo e Formas do Relevo de acordo com a interpretação das bandas analisadas.

Em sua primeira aplicação, demonstra-se um resultado satisfatório no mapeamento do Chapadão do Zagaia, apesar de não eliminar por completo os problemas de continuidade entre uma forma e outra. Nesse sentido, é preciso ainda testar outros classificadores para avaliar novos resultados. Por outro lado, a assinatura geomorfométrica abarca a questão da intensidade da Forma do Terreno assim como dos Elementos da Forma do Terreno, uma abordagem pouco explorada no escopo científico.

Essa metodologia aliada às informações pedológicas, resulta numa abordagem sistêmica capaz de esclarecer a relação relevo e solo. A partir de uma pedossequência observa-se como os Compartimentos do Relevo e suas respectivas Formas podem estar se desenvolvendo. Os solos do Chapadão do Zagaia apresentam características químicas eletropositivas e altos teores de gibbsita. Essa relação é incomum em ambientes hidromórfico, o que sugere uma inversão de relevo. A morfogênese auxilia essa interpretação pelos abatimentos do terreno promovidos por erosão subsuperficial (*piping*) e conseqüente colúviamento. Desta maneira, é possível traçar uma evolução geomorfológica considerando o processo de etchplanação. Essa abordagem metodológica, ainda, permite mapear as Unidades Geomorfológicas já que as impressões da evolução do relevo estão registradas nas condições pedogenéticas e nas formas do terreno.

Entretanto, ainda ficam algumas lacunas que precisam ser preenchidas sobre a origem das linhas pedra, a possível presença de altos estruturais e a própria relação dos solos com as outras Formas do Relevo que não são contempladas nesse trabalho. Assim colocada, são sugeridos outras pesquisas de base mineralógica e geoquímica que consideram a relação solo e relevo na Chapadão Zagaia e no Grupo Canastra para a compreensão da evolução geomorfológica.

REFERÊNCIAS

- AANDAHL, A. R. The characterization of slope positions and their influence on the total N content of a few virgin soils in Western Iowa. *Soil Science Society of America Proceedings*, 1948. 449-454.
- AB' SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Instituto de Geografia: Geomorfologia, São Paulo, 1970.
- ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 1977. 349-364.
- ANA. A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Agência Nacional de Águas. Brasília, p. 64p. 2002.
- ASSUMPÇÃO, M. The regional intraplate stress field in South America. *Journal of Geophysical Research*, 1992. 11889-11903.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. PIPING EM ÁREA DE VOÇOROCAMENTO, NOROESTE DE MINAS GERAIS. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2006. 9-18.
- BARBALHO, M. G. D. S. Morfopedologia, Aplicada ao Diagnóstico e Diretrizes para controle de Processos Erosivos Lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT). Goiânia: Dissertação - Universidade Federal De Goiás, 2002.
- BEHRENS, T. et al. Digital soil mapping using artificial neural networks. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 14 February 2005.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Estrutura e Origens das paisagens tropicais e subtropicais. 2º Edição. ed. Florianópolis: UFSC, v. I, 2007.
- BIRKELAND, P. W. Soil-geomorphic research - a selective overview. *Geomorphology*, London, 1990. 207-224.
- BOARDMAN, J. W.; KRUSE, F. A. Automated spectral analysis a geological example using AVIRIS data, North Grapevine, Mountains, Nevada. *Proceedings of the Tenth Thematic Conference on Geological Remote Sensing*. San Antonio: [s.n.]. 1994. p. 407-418.
- BOCKHEIM, J. G. et al. Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma*, Amsterdam, 2005. 23-36.
- BOCQUIER, G. et al. Géochimie de la surface et formes du relief. II. Interprétation pédologique des dépressions annulaires entourant les inselbergs. *Sci. Géol. Bull.*, Strasbourg, 1977. 245-253.

- BORGES, M. E. S. et al. Emprego do processamento digital dos parâmetros morfométricos no mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Preto. *Espaço e Geografia*, 2007. 279-294.
- BOULET, R. et al. Géochimie des paysages: le rôle des couvertures pédologiques. In: PAQUET, H.; CLAUER, N. *Sédimentologie et Géochimie de la Surface à la mémoire de Georges Millot*. Paris: [s.n.], 1993. p. 55-76. *Le Colloques de l'Académie des Sciences et du Cadas*.
- BRASIL. PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia. [S.l.], p. 56-66. 1983.
- BRAUN, O. Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. *Revista Brasileira de Geografia*, 1971. 3-34.
- BRAUN, O. P. G.; BAPTISTA, M. B. Considerações sobre a geologia pré-cambriana da região Sudeste e parte da região Centro-Oeste do Brasil. *Simpósio Brasileiro de Geologia*. Salvador: [s.n.]. 1978. p. 225-231.
- BÜDEL, J. *Climatic Geomorphology*. 2º Edição. ed. new Jersey: Princeton University Press, 1986.
- BURROUGH, P. A.; VAN GAANS, P. F. M.; MACMILLAN, R. A. High resolution landform classification using fuzzy k-means. *Fuzzy Sets and System*, 2000. 37-52.
- CARVALHO JUNIOR, O. A. D. et al. Mistura Espectral: (I) Detecção dos Membros Finais Utilizando a Geometria do Simplex. *Espaço e Geografia*, Brasília, 2003. 147-173.
- CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. X. D. T. *Compartimentação Morfopedológica e sua Aplicação: Considerações Metodológicas*. GEOUSP, Campinas, 2000.
- COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Riode Janeiro: Bertran, 2001. p. 93-148.
- COLEMAN, N. T.; MEHLICH, A. The Chemistry of soil pH. In: AGRICULTURE, U. S. D. O. *The yearbook of agriculture*. Washington: [s.n.], 1975. p. 72-79.
- COLLINS, S. H. Terrain parameters directly form a digital terrain model. *Canadian Surveyor*, 1975.
- COUTO JUNIOR, A. F. et al. Integração de parâmetros morfométricos e imagem aster para a delimitação das fitofisionomias da serra da canastra, parque nacional da serra da canastra, mg. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2010. 57-68.
- CRUZ, L. O. M. Assinatura geoquímica de unidades coluviais na Bacia do Córrego do Rio Grande – Depressão de Gouveia/MG. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 138p p.
- CURI, L. N. et al. *Vocabulário de Ciência do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.

- DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. Soil Geomorphology. New York: John Wiley & Sons, 1992.
- DICK, D. P. et al. Química da Matéria Orgânica do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia dos Solos: Parte II – Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p. 1-69.
- DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In: RAPER, J. F. Three Dimensional applications in Geographical Informations System. Londres: Taylor & Francis, 1989. p. 51-77.
- DRAGUT, L.; BLASCHKE, T. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. *Geomorphology*, 2006. 330-344.
- DYMOND, J. R.; HARMSWORTH, G. R. Towards automated land resource mapping using digital terrain models. *ITC Journal*, 1994. 129-138.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2º Edição. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997.
- EMBRAPA. SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS – SBCS. 2º Edição. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EVANS, I. S. An integrated system of terrain analysis and slope mapping. Final report on grant DA-ERO-591-73-G0040. University of Durham. [S.l.]. 1979.
- FARR, T. G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. [S.l.]: [s.n.], 2007. 33 p.
- FELS, J. E.; MATSON, K. C. A cognitively-based approach for hydrogeomorphic land classification using digital terrain models. Third International Conference/Workshop on Integration GIS and Environmental Modeling, Santa Fe. Santa Fe: [s.n.]. 1996.
- FIGUEIREDO, A. M.; AUGUSTIN, R. C. H. R.; FABRIS, D. J. Mineralogy, size, morphology and porosity of aggregates and their relationship with soil susceptibility to water erosion. *Hyperfine Interaction*, 1999. 177-184.
- FLORENZANO, T. G. Geomorfologia Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008. 11-25 p.
- FRAKES, L. A. Climates through geological times. [S.l.]: Elsevier, 1979. 310p p.
- FREITAS, R. M.; HAERTEL, V.; SHIMABUKURO, Y. E. MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL EM IMAGEM DE MODERADA RESOLUÇÃO ESPACIAL. *Boletim de Ciência Geodésicas*, Curitiba, 2008. 55-71.
- FREITAS, R. O. Ensaio Sobre o Relevo Tectônico do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, 1951. 171-221.
- GERRARD, J. Soil Geomorphology: an integration of pedology and Geomorphology. London: Chapman & Hall, 1992.

GILES, P. T.; FRANKLIN, S. E. An automated approach to the classification of slope unit using digital data. *Geomorphology*, 1998. 251-264.

GREEN, A. A. et al. A transformation for ordering multispectral data in terms of images quality with implications for noise removal. *IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing*, 1988. 65-74.

GUIMARÃES, R. F. et al. Detection of karst depression by ASTER image in the Bambuí Group – Brazil. In: EHLERS, M.; MICHEL, U. *Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology*. [S.l.]: [s.n.], v. V, 2005.

HACKSPACHER, P. C. et al. Modelagem térmica e geomorfologia da borda sul do Cráton do São Francisco: termocronologia por traços de fissão em apatita. *Revista Brasileira de Geociências*, 2007. 76-86.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no. *Simpósio Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte: [s.n.]. 1990. p. 766-771.

HERMUCHE, P. M. et al. Compartimentação geomorfológica em escala regional da bacia do rio Paranã. *Geouerj*, 2003. 372-381.

HUTCHINSON, M. F.. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pit. *Journal of Hydrology*, 1989. 211-232.

IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2º Edição. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

ICMBIO. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília, p. 799p. 2005.

IRVIN, B. J.; VENTURA, S. J.; SLATER, B. K. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin. *Geoderma*, p. 137-154, 1997.

JACKSON, M. L. Clay transformations in soil genesis during the Quaternary. *Soil Science*, 1964. 15-22.

JARVIS, A. et al. Practical use of SRTM data in the tropics: comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. *Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 2004.

JENNY, H. *Factors of Soil Formation, A system of Quantitative Pedology*. New York: McGraw Hill, 1941.

JOHNSON, D. L. et al. Proisotropic and proanisotropic processes of pedoturbation. *Soil Science*, 1987. 278-290.

- KÄMPF, N.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P. Óxidos de ferro em Latossolos do Brasil. EMBRPA/ SNLCS, Rio de Janeiro, 1988. 153-183.
- KING, L. Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, 1956. 147-266.
- KIRKBY, M. J. Implications for sediment transport. In: KIRKBY, M. J. Hillslope Hydrology. Chichester: John Wiley & Sons, 1978. p. 325-363.
- KRUSE, F. A. Geologic mapping using combined optical remote sensing and SIR-C/X-SAR data. In: KRUSE, F. A. Thematic Conference and Workshops on Applied Geologic. Las Vegas: [s.n.], 1996. p. 142-150.
- KRUSE, F. A. et al. The spectral image processing system (SIPS) – Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. Remote Sensing of Environment, 1993. 437-456.
- LAGACHERIE, P.; LEGROS, J. P.; BURROUGH, P. A. A soil survey procedure using the knowledge of soil patterns established on a previously mapped reference area. Geoderma, 1995. 283-301.
- LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B. Spatial soil information system and spatial soil inference system: perspective for Digital Soil Mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. Digital Soil Mapping, an introductory perspective. Amsterdam: Elsevier, v. III, 2007. p. 3-24.
- LATORRE, M. L. et al. Integração de dados de sensoriamento remoto multiresoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão. Revista Brasileira de Geofísica, 2007. 63-74.
- LIN, H. et al. Assessment of soil spatial variability at multiple scales. Ecological Modelling, 2005. 271-290.
- LIPSKI, M. Tectonismo Cenozóico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Ouro Preto: UFOP, 2002. 171p p.
- LU, Z. et al. Mapping recent lava flows at Westdahl Volcano, Alaska, using radar and optical satellite imagery. Remote Sensing of Environment, 2004. 345-353.
- LUCAS, Y. et al. Transição latossolos - podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 325-335.
- MACEDO, J.; BRYANT, R. B. Preferential microbial reduction of hematite over goethite in brazilian Oxisols. Journal of American Soil Science Society, 1987. 1114-1118.
- MACMILLAN, D. M. A generic procedure for automatically segmenting landforms into landform elements using DEMs, heuristic rules and fuzzy logic. Fuzzy Sets System, p. 81-109, 2000.

MACMILLAN, R. A.; SHARY, P. A. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. Geomorphometry: Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. [S.l.]: Elsevier, v. 33, 2009. Cap. 9, p. 227-254.

MARTINS, E. D. S. et al. Mapeamento da superfície basal do manto de intemperismo pelo compartimento da resistividade elétrica do Distrito Federal. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2008. 15-28.

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On Digital soil mapping. GEODERMA, 2003. 3-52.

MCFADDEN, L. D.; KNUEPFER, P. L. K. Soil Geomorfology: the linkage of pedology and surfical proceesse. Geomorphology, Amsterdam, 1990. 197-205.

MCFARLANE, M. J.; TWIDALE, C. R. Karstic features associated with tropical weathering profiles. Z. Geomorph. N. F. Suppl. Bd, 1987. 73-95.

MILNE, J. D. G. et al. Soil Description Handbook. Lincoln: Manaaki Whenua Press, 1995. 156p p.

MINÁR, J.; EVANS, I. S. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. Geomorphology, 2008. 236-259.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; LARK, R. M. Digital Soil Mapping Tecnologies for Countries with Sparse Data Infrastructures. In: HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L. Digital Soil Mapping with Limited Data. [S.l.]: Springer, 2008. Cap. 2, p. 15-30.

MOORE, I. D. et al. Soil Attribute Prediction Using Terrain Analysis. Soil Science of Society American Journal, 1993. 443-452.

MOTTA, A. C.; MELLO, V. F. Química dos solos Ácidos. In: MELO, V. D. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia dos Solos: Parte II – Aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p. 313-380.

MOTTA, P. E. F.; KÄMPF, N. Iron oxide properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brazil. Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung-Düngung Bodenkunde, 1992. 385-390.

NASCIMENTO, N. R.; PERZ, D. H. Evolução Pedomorfológica das Vertentes em Conceição do Araguaia(PA): Abordagem Metodológica e Evidências Macro e Micromorfológicas. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2003. 31-51.

OLIVEIRA, S. N. D. et al. Identificação de Unidades de Paisagem e sua Implicação para o Ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, Bento Gonçalves, 2007. 89-108.

OLIVIERA, J. B. Pedologia Aplicada. 3º Edição. ed. Piracicaba: FEALQ, 2008.

- PARK, S. J.; VLEK, P. L. G. Environmental correlation of three-dimensional soil spatial variability: a comparison of three adaptive techniques. *GEODERMA*, 2002. 117-140.
- PEDROTI, A. et al. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2003. 1-9.
- PENNOCK, D. J. Multi-site assessment of cultivation-induced soil change using resived landform segmentation procedures. *Canadian Journal of Soil Science*, 2003.
- PENNOCK, D. J.; ZEBARTH, B. J.; DE JONG, E. Landform Classification and Soil Distribution in Hummocky Terrain, Saskatchewan, Canada. *GEODERMA*, Amsterdam, 1987. 297-315.
- PIERSON, T. C. Soil pipes and slope stability. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 1983. 1-11.
- PITTY, A. F. A Scheme for Hillslope Analysis. University of Yorkshire. [S.l.], p. 76p. 1969.
- QUEIROZ-NETO, J. P. D. Geomorfologia e Pedologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Rio de Janeiro, 2000. 59-67.
- RABUS, B. et al. The shuttle radar topography mission-a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2003. 62-241.
- RABUS, B. et al. The suttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2003. 241-262.
- REATTO, A. et al. Variation of the kaolinite and gibbsite content at regional and local scale in Latosols of the Brazilian Central Plateau. *Geoscience*, 2008. 741-748.
- RESENDE, M. et al. *Pedologia: base para a distinção de ambientes*. 5º Edição. ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p p.
- RIBEIRO, J. F.; WATER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. *Cerrado ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166.
- ROCHA LEÃO, O. M. Evolução regressiva da rede de canais por fluxos de água subterrânea em cabeceiras de drenagem: bases geo-hidroecológicas para recuperação de áreas degradadas com controle de erosão. Rio de Janeiro: IGEO-UFRJ, 2005.
- ROMERO, R.; NAKAJIMA, J. N. Espécies endêmicas do Parque Nacional da Serra da Canastra. *Revista Brasileira de Botânica*, 1999. 259-265.
- ROSEN, P. A. et al. Synthetic Aperture Radar Interferometry. *Proceedings of the IEEE*, 2000. 333-382.

- ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, 2006.
- SAADI, A. Ensaios sobre morfotectônica de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 1991.
- SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: Esboço e interpretações preliminares. *Genomos*, 1998. 2-15.
- SALGADO, C. M. Pedogeomorfologia: uma nova disciplina para a análise ambiental. *Revista Tamoios*, Rio de Janeiro, Dezembro 2005. 32-39.
- SANTOS, L. J. C.; SALGADO, A. A. R.; RAKASSA, M. R. Gênese das Linhas de Pedra. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2010. 103-108.
- SANTOS, M. C. Caracterização dos depósitos argilosos da porção centro-sul do Sinclinal Moeda, Quadrilátero Ferrífero, MG: Macromorfologia, micromorfologia, cristaloquímica, gênese e considerações industriais. [S.l.]: UFOP, 2003.
- SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- SCHMIDT, J.; HEWITT, A. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position. *Geoderma*, 2004. 243-256.
- SHARY, P. A.; SHARAYA, L. S.; MITUSOV, A. V. The problem of scale-specific and scale-free approaches in geomorphometry. *Geografia Física e Dinâmica Quaternária*, 2005. 81-101.
- SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The Least-Squares Mixing Models to Generate Fraction Images Derived from Remote Sensing Multispectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote*, 1991. 16-20.
- SMITH, B.; SANDWELL, D. Accuracy and resolution of Shuttle Radar Topography Mission data. *Geophysical Research Letters*, 2003.
- SMITH, M. P. et al. The effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey. *Geoderma*, 2006. 58-68.
- SOUZA, S. M. T. Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais. *Hidrosistemas & COPASA/MG*. [S.l.], p. 264p. 1993.
- SOUZA, V. V. et al. Soil-vegetation relationships in savanna landscapes of the Serra da Canastra Plateau, Minas Gerais, Brazil. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane: [s.n.]. 2010. p. 48-51.
- SOUZA, Z. M. D. et al. Spatial variability of soil attributes and sugarcane yield in relation to topographic location. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 22 Setembro 2010. 1250-1256.

- SPEIGHT, J. G. Australian Soil and Land Survey. 2^o Edição. ed. Melbourne: Inkata Press, 1990.
- SPERA, S. T. et al. Atributos físicos de solos e distribuição das fitofisionomias de Cerrado na bacia hidrográfica do Rio Jardim, DF. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Planaltina, 2005. 19p.
- THOMAS, F. M. Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.
- TROEH, F. R. Landform parameters correlated to soil drainage. Soil Science Society of America Proceedings, 1964. 808-812.
- VALERIANO, C. D. M. et al. Evolução estrutural do domínio externo da faixa Brasília no evolução estrutural do domínio externo da faixa Brasília no pré-brasiliana. Revista Brasileira de Geociências, 1995. 221-234.
- VALERIANO, C. D. M. et al. A evolução tectônica da faixa Brasília. In: MANTESSONETO, V., et al. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. [S.l.]: Beca, 2004. Cap. 23, p. 575-592.
- VALERIANO, M. D. M.; CARVALHO JUNIOR, O. A. D. Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias. Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, 2003.
- VALERINO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2003. 539-546.
- VAN ZYL, J. J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. Acta Astronautica, 2001. 559-565.
- VARAJÃO, A. F. D. C.; GILKES, R. J.; HART, R. D. The relationships between kaolinite crystal properties and the origin of materials for a Brazilian kaolin deposit. Clays and Clay Minerals, 2001. 44-59.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia Geomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P., et al. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. IV, 2005. p. 145-192.
- WOOD, J. The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models. Leicester: University of Leicester, 1996.
- YOUNG, M. Terrain analysis: program documentation. Statistical Characterisation of altitude matrices by computer: Report 5 on grant DA-ERO-591-73-G0040. University of Durham. Durham, p. 35. 1978.

ANEXOS

Anexo I

Descrição Geral:

Perfil 1

Data: 12/05/2009

Classificação Anterior – Latossolo Vermelho Escuro Húmico distrófico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, plano.

Classificação SiBCS – Latossolo Vermelho Ácrico húmico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, plano.

Unidade de Mapeamento - LVw1

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas - MG, -20, 135' S, 46,907' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 3% declividade sob Cerrado Sentido Restrito

Altitude – 1322,957 m.

Litologia - Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra

Cronologia - Neoproterozóico

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 2

Data: 12/05/2009

Classificação Anterior – Latossolo Vermelho Escuro Não Húmico distrófico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo, plano.

Classificação SiBCS – Latossolo Vermelho Ácrico típico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo, relevo plano.

Unidade de Mapeamento – LVw2

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,140' S, 46,902' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 3% declividade sob Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo.

Altitude – 1317,931 m.

Litologia – Filitos.
Formação Geológica – Grupo Canastra
Cronologia - Neoproterozóico
Material de Origem – Saprólito de Filito.
Pedregosidade – Não Pedregosa
Rochosidade – Não Rochosa
Relevo Local – Plano.
Relevo Regional – Suave Ondulado.
Erosão – Não Aparente
Drenagem – Acentuadamente drenado.
Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.
Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral
Clima - Cwa, da classificação de Köppen.
Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos

Perfil 3

Data: 12/05/2009

Classificação Anterior – Latossolo Vermelho Escuro Húmico distrófico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, plano.

Classificação SiBCS – Latossolo Vermelho Ácrico húmico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, plano.

Unidade de Mapeamento – LVw3

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,141' S, 46,899' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 3% de declividade sob Cerrado Sentido Restrito

Altitude – 1308,040 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra

Cronologia - Neoproterozóico

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Plano.

Relevo Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Acentuadamente drenado.

Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos

Perfil 4

Data: 13/05/2009

Classificação Anterior – Cambissolo Não Húmico distrófico, A proeminente, textura argilosa, fase ligeiramente pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo, plano.

Classificação SiBCS – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, A proeminente, textura argilosa, fase ligeiramente pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição Campo Limpo, plano.

Unidade de Mapeamento – CXbd

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,142' S, 46,892' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 8% de declividade sob Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo.

Altitude – 1300,212 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Ligeiramente Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Suave Ondulado.

Rele Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 5

Data: 13/05/2009

Classificação Anterior – Cambissolo Húmico distrófico, A húmico, textura argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo, suave ondulado.

Classificação SiBCS – Cambissolo Húmico Tb Distrófico latossólico, A húmico, textura argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo, suave ondulado.

Unidade de Mapeamento – CHd1

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,141' S, 46,891' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 8% de declividade sob Campo Limpo.

Altitude – 1297,484 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Suave Ondulado.

Rele Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Campo Limpo.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 6

Data: 13/05/2009

Classificação Anterior – Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico, A húmico, textura média, fase moderadamente pedregosa, Campo Limpo, plano.

Classificação SiBCS – Cambissolo Húmico Tb Distrófico típico, A húmico, textura média, fase moderadamente pedregosa, Campo Limpo, plano.

Unidade de Mapeamento – CHd2

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,139° S, 46,893° W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 8% de declividade sob Campo Limpo.

Altitude – 1292,089 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Moderadamente Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Plano.

Rele Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Moderadamente drenado.

Vegetação Primária – Campo Limpo.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 7

Data: 14/05/2009

Classificação Anterior – Latossolo Vermelho Escuro Húmico distrófico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, relevo plano.

Classificação SiBCS – Latossolo Vermelho Ácrico húmico, A húmico, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito, plano.

Unidade de Mapeamento – LVw4

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,139° S, 46,890° W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 8% de declividade sob Cerrado Sentido Restrito.

Altitude – 1291,175 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Plano.

Rele Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 8

Data: 14/05/2009

Classificação Anterior – Latossolo Vermelho Escuro Não Húmico distrófico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo, relevo suave ondulado.

Classificação SiBCS – Latossolo Vermelho Ácrico típico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Cerrado Sentido Restrito transição com Campo Limpo, relevo suave ondulado.

Unidade de Mapeamento – LVw5

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,140' S, 46,902' W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta e cercada em topo de planalto com até 8% de declividade sob Cerrado Sentido transição com Campo Limpo.

Altitude – 1295,479 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Suave Ondulado.

Relevo Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Bem drenado.

Vegetação Primária – Cerrado Sentido Restrito.

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 9

Data: 14/05/2009

Classificação Anterior – Gleí Hidromórfico Cinzento distrófico, A proeminente, textura argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo Úmido com Murundu, relevo suave ondulado.

Classificação SiBCS – Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, A proeminente, textura argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo Úmido com Murundu, relevo suave ondulado.

Unidade de Mapeamento – GXbd1.

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,136° S, 46,888° W.

Situação, Declive e Cobertura Vegetal sobre o Perfil - Descrito e coletado em trincheira aberta em topo de planalto com até 8% de declividade sob Campo Limpo Úmido com Murundu.

Altitude – 1279,257 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Suave Ondulado.

Relevo Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Mal drenado.

Vegetação Primária – Campo Limpo Úmido com Murundu .

Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Perfil 10

Data: 14/05/2009

Classificação Anterior – Gleí Hidromórfico Cinzento distrófico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo Úmido com Murundu, relevo suave ondulado.

Classificação SiBCS – Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, A proeminente, textura muito argilosa, fase não pedregosa, Campo Limpo Úmido com Murundu, relevo suave ondulado.

Unidade de Mapeamento – GXbd2

Localização – Parque Nacional da Serra da Canastra, São Roque de Minas – MG, -20,136° S, 46,889° W.

Altitude – 1279,257 m.

Litologia – Filitos.

Formação Geológica – Grupo Canastra.

Cronologia – Neoproterozóico.

Material de Origem – Saprólito de Filito.

Pedregosidade – Não Pedregosa

Rochosidade – Não Rochosa

Relevo Local – Suave Ondulado.

Relevo Regional – Suave Ondulado.

Erosão – Não Aparente

Drenagem – Mal drenado.

Vegetação Primária – Campo Limpo Úmido com Murundu .

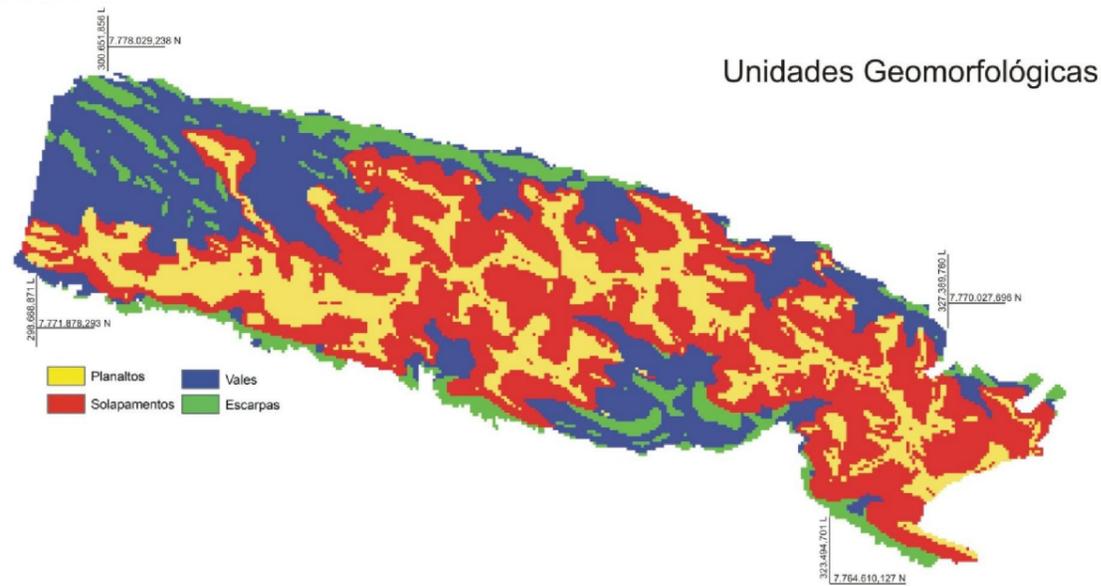
Uso Atual – Parque Nacional de Proteção Integral.

Clima - Cwa, da classificação de Köppen.

Descrito e Coletado por – Vinicius Vasconcelos de Souza, Eder de Souza Martins, Adriana Reatto e Wellington Cardoso dos Santos.

Anexo II

Descrição das Unidades Geomorfológicas:



□ Planaltos área de 70,04 km², compartimentos das Chapadas e Colinas bem preservados. Apresentam Formas do Relevo rt-dir nas Chapadas, rt-pl, cx-pl e rt-con nas Colinas. Altimetria média 1335,7 m e declividade média 2,0%. Solos de desenvolvimento *in situ* com presença de Latossolos de caráter ácrico com horizonte Bw muito argiloso com horizonte de A Proeminente a A Húmico. Cambissolos Háplicos Tb distróficos com horizonte Bi argiloso e horizonte de A Moderado a A Proeminente.

□ Solapamentos área de 91,28 km², compartimentos dos Colos e Depressão de Cabeceira. Apresentam Formas do Relevo cx-pl nos Colos, rt-dir e cc-pl nas Depressões de Cabeceira. Altimetria média 1310,8m e declividade média 9,5%. Solos resultantes de processo coluvionar e abatimento do terreno por erosão subsuperficial (*piping*) associados a Cambissolos Húmico Tb com morfologia latossólica e horizonte Bw argiloso e horizonte A Húmico. Cambissolos Húmicos Tb distróficos com Bi de textura média sobre afloramento de saprólito caulinitico e horizonte A Húmico. Possível presença de linhas de pedra. Latossolos ácricos de Bw muito argiloso e profundo, mosqueados amarelos pontuais e aumento da atividade biológica, com horizonte de A Proeminente a A Húmico. Gleissolos Háplicos Tb distróficos com horizonte Cg argiloso entre murundus e muito argiloso em cima de murundus com Horizonte A Proeminente

□ Vales área 63,19 km², compartimento das Depressões Entalhadas e Colos. Apresentam Formas do Relevo predominante rt-pl nas Depressões e cc-pl nos Colos. Altimetria média 1213,8m e declividade média 10,4%. Possível presença de Cambissolos Háplicos e Neossolos litólicos nas áreas mais inclinadas decorrente da aproximação do nível de base e dissecação do relevo mais elevada.

□ Escarpas área 24,04 km². Compartimento das Bordas e Encostas. Apresentam Formas do Relevo cx-pl nas Bordas, cc-pl nas Encostas e rt-pl para ambos. Altimetria média 1187,4m e Declividade média 24,7%. Presença de afloramentos rochosos.

