

PÉROLA MORAIS CALIL

**POTENCIAL DE USO POR ATRIBUTOS
MORFOMÉTRICOS DOS SOLOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE, GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

Prof. Dr. Huberto José Kliemann

Co-orientadores:

Prof. Dr. Luiz F. Coutinho de Oliveira

Profª. Drª. Patrícia de Araújo Romão

Goiânia, GO ó Brasil
2009

PÉROLA MORAIS CALIL

**POTENCIAL DE USO POR ATRIBUTOS MORFOMÉTRICOS DOS
SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE,
GOIÁS**

Dissertação DEFENDIDA E APROVADA em 28 de agosto de 2009, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Huberto José Kliemann
Presidente - EA-UFG

Prof. Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira
Membro ó UFLA

Prof. Dr. Pedro Marques da Silveira
Membro ó Embrapa Arroz Feijão

Ao meu amado filho Enzo, por ser ele a maior motivação na minha vida, ao meu pai Ramiz Calil (sempre vivo em minha memória), à minha mãe Marlene por ser um exemplo de força e dignidade. Aos meus irmãos Rita, Dulce e Rômulo pelo amor e companheirismo incondicional e o apoio nos momentos difíceis. Aos meus queridos sobrinhos Ramiz, Jorge Férex, Rafaela, Rodolpho, Marcus Vinicius e Natasha, como prova de que a vida se constrói por meio de pequenas realizações.

Dedico.

"Compreenda que a felicidade não se baseia em posses, poder, ou prestígio, mas em relacionamentos com pessoas que você ama e respeita."

André Luiz por Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais esta oportunidade de evolução.

À sociedade, pelo privilégio de ter me graduado e pós-graduado em instituições públicas.

Agradeço especialmente pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho ao Professor Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira, por ter sido o maior incentivador do meu ingresso ao mestrado, meu respeito, admiração e profunda gratidão.

Ao Dr. Virlei Álvaro de Oliveira, pelo constante incentivo, paciente orientação e participação efetiva na execução dos trabalhos de levantamento de solos.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Huberto José Kliemann, pela orientação segura e eficiente, possuidor de qualidades infinitamente maiores do que as que consegue mostrar.

À co-orientadora Dr^a. Patrícia de Araújo Romão pela rica contribuição nos trabalhos de Geoprocessamento e pelos diálogos que solucionaram muitas dúvidas.

À minha amiga Cristiane Rodrigues por ser a responsável pelas análises físicas e químicas dos solos além da sua participação nos trabalhos de levantamento de solos.

Ao Dr. Pedro Marques da Silveira (Embrapa Arroz Feijão), pela participação na banca examinadora e pelas críticas e comentários valiosos.

Aos Professores Dr. Nori, Larissa, Sibov, Vladia, Wilson Mozena e João Batista, da Escola de Agronomia e Laerte Guimarães do IESA, pela amizade e pelo companheirismo em todos os momentos.

Às Professoras Dr^a. Mara Rúbia e Dr^a. Patrícia Guimarães S. Melo, pelo apoio e trabalho frente à Coordenação de Pós-Graduação da Agronomia.

Ao Diretor Técnico Luiz Cesar Gandolfi pelo apoio e incentivo à pesquisa ao Gerente de Pesquisa Césio Gomes de Moraes e ao meu querido amigo Sebastião Nizo Teixeira pela contribuição na correção textual, todas da Agência goiana de Desenvolvimento Rural e Fundiário (AGENCIARURAL).

Aos colegas de trabalho da Supervisão de Geoprocessamento da AGENCIARURAL, Vilmar Guimarães Faleiro, José Aloísio Vieira, João Dirk Terra Heberlein, Douglas Emanuel da Silva e os estagiários Luciano, Danilo, Marcelino e Mayara e Gabriela Couto.

Aos inesquecíveis amigos de mestrado: Antônio J. Willman Rios, Cícero Célio de Figueiredo, Janaína de Moura Oliveira, Carloeme de Oliveira, Rafael Ratke, Sidney

Sampaio, Elison Dias Nunes e Glênio Santos pelo apoio e pela agradável convivência nas aulas e fora delas.

A todos os funcionários da Pós-graduação da UFG pelo apoio gentil e principalmente ao Secretário de Pós-graduação, Wellington Barbosa Mota que, além da enorme disposição em ajudar, revelou-se um grande amigo.

Aos meus amigos e amigas que muito reclamaram a minha ausência nas baladas, mas que sempre souberam compreender o porquê.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para a execução desse trabalho, seja pela ajuda constante ou por uma palavra de amizade.

Meu sincero reconhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 PLANEJAMENTO	14
2.1.1 Planejamento ambiental.....	15
2.1.2 Diagnóstico físico conservacionista	15
2.1.3 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento	16
2.2 GEOMORFOLOGIA E RELEVO	18
2.3 SOLOS.....	19
2.4 USO E COBERTURA VEGETAL	21
2.5 USO POTENCIAL DAS TERRAS	21
2.6 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	22
2.6.1 Declividade e orientação das vertentes	27
2.6.2 Hipsometria de uma bacia hidrográfica	29
2.6.3 Semelhança geométrica entre bacias hidrográficas	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE.....	32
3.1.1 Clima.....	33
3.1.2 Geologia	33
3.1.3 Geomorfologia	36
3.1.4 Vegetação.....	38
3.2 ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA.....	38
3.3 ATRIBUTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE	41
3.4 ELABORAÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADES, ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES E HIPSOMETRIA.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 SOLOS.....	47
4.2 USO E COBERTURA VEGETAL	52
4.3 MORFOMETRIA	58
4.4 RESULTADOS FINAIS.....	73
5 CONCLUSÕES	76
6 REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variáveis geomorfométricas locais derivadas da altimetria (Valeriano, 2008b). Declividade (a) e Orientação das Vertentes (b).....	28
Figura 2. Localização da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte no estado de Goiás...32	
Figura 3. Mapa geológico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	34
Figura 4. Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.	37
Figura 5. Carta imagem da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	40
Figura 6. Mapa hidrográfico e altimétrico das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte.	42
Figura 7. Mapa de solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.	50
Figura 8. Paisagem de agricultura com cultivo misto integrado a pastagens.....	53
Figura 9. Paisagem de processos erosivos na nascente do rio Meia Ponte (escorregamento).	53
Figura 10. Paisagem da vegetação remanescente nos relevos residuais.	55
Figura 11. Paisagem de capoeira com composição mista.	55
Figura 12. Paisagem de um córrego que deságua na margem esquerda do córrego Guapeva.....	56
Figura 13. Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.	57
Figura 14. Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.	60
Figura 15. Classes de declividade da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	64
Figura 16. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	65
Figura 17. Relação entre a razão das áreas das sub-bacias (A/A_0) e o quadrado das razões entre os parâmetros lineares (Rm^2).	67
Figura 18. Mapa de orientação das vertentes da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.	69
Figura 19. Mapa do potencial de uso da terra de acordo com o coeficiente de rugosidade.	70
Figura 20. Mapa de cruzamento do coeficiente de rugosidade com o solo e a declividade.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das classes de potencial de uso do solo das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte, de acordo com os coeficientes de rugosidade (CR).....	45
Tabela 2. Unidades de solos predominantes nas sete sub-bacias da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	49
Tabela 3. Legenda de identificação das unidades de mapeamentos dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte	51
Tabela 4. Relação dos tipos de cobertura vegetal ocorrentes na área com os tipos de solos predominantes da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	52
Tabela 5. Características dimensionais das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte	58
Tabela 6. Características morfométricas referentes a padrão de drenagem das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte.....	61
Tabela 7. Características do relevo das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte ..	63
Tabela 8. Análise de semelhança entre as sub-bacias do alto rio Meia Ponte.....	67
Tabela 9. Percentual das classes de exposição das vertentes da bacia hidrográficas do alto rio Meia Ponte.....	68
Tabela 10. Unidades de uso e cobertura vegetal (%) e classificação do uso potencial em função do coeficiente de rugosidade das sub-bacias da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.....	68
Tabela 11. Classes de declividades das Sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte .	71
Tabela 12. Reclassificação das áreas das sub-bacias hidrográficas pelo refinamento obtido pelo cruzamento do coeficiente de rugosidade com as classes de solos e as declividades das bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte.....	73

RESUMO

CALIL, P M. **Potencial de uso por atributos morfométricos dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás.** 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) ó Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.¹

O planejamento e o manejo ambiental são atividades que visam ao controle e adequação do uso das terras com a finalidade de maximizar a produtividade agrícola por meio de um sistema de exploração eficiente capaz de sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbios nos processos físicos, ecológicos e sociais. Para garantir o uso racional dos recursos naturais devem-se considerar as características das propriedades do solo, a declividade do terreno e a dinâmica das águas, pois indicam a intensidade de cultivo e o manejo a ser aplicado ao solo para que não haja exaustão da capacidade produtiva em decorrência da erosão. O objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos morfométricos em relação à distribuição dos solos na paisagem e sugerir o potencial de uso da terra com base no coeficiente de rugosidade na bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. Dentre as variáveis estudadas, os atributos morfométricos associados ao coeficiente de rugosidade, revelaram-se de grande valor na definição da potencialidade de uso da terra, na fase de pré-diagnóstico. São procedimentos de baixo custo, fornecendo informações satisfatórias sobre a dinâmica hídrica e, ou, o comportamento hidrológico, bem como a facilidade na obtenção de informações. O coeficiente de rugosidade resultou na indicação inicial do uso da bacia para pecuária e reflorestamento. Com o cruzamento dos dados do coeficiente de rugosidade e de levantamentos de solos, associados às declividades médias, foi possível discriminar mais áreas aptas às diferentes atividades (agropecuárias) e aquelas mais vulneráveis à degradação ambiental. O refinamento das informações possibilitou o aumento das áreas aptas à agricultura, desde que sejam tomadas medidas conservacionistas, preventivas da degradação do solo.

Palavras-chave: Morfometria, Uso Potencial dos Solos, Coeficiente de Rugosidade, Solos de Goiás.

¹ Orientador: Prof. Dr. Huberto José Kliemann. EA-UFG.

ABSTRACT

CALIL, P. M. **Potential use of soils of high Meia Ponte river basin (Goiás, Brazil) through morphometric attributes.** 2009.112 f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water) ó School of Agronomy and Food Engineering, Federal University of Goiás, Goiânia, 2009.¹

Planning and environmental management are activities that aim to control and suitable land use for maximum agricultural yield purposes, through a powerful operating system, capable of sustaining human activities with a minimum of disturbances on physical, ecological and social processes. To ensure the rational use of natural resources, soil properties need to be taken in account, as well terrain steepness and water dynamics, since they inform about cropping intensity and agronomic practices to be applied to soils, in order to avoid exhaustion of productive capacity caused by erosion. This work aimed to assess morphometric attributes related to soil distribution over the landscape and suggest the land use potential, based on the roughness coefficient in the Alto Meia Ponte River basin (Goiás, Brazil). Among the studied variables, morphometric attributes, associated to roughness coefficient, proved to be a valuable tool for the definition of land use potentialities in the diagnosis phase. They are low cost procedures, providing suitable information about water dynamics and, or, hydrologic behavior, as well the ease of gathering information. The use of roughness coefficient resulted in initial indication of the watershed for livestock and reforestation. The intersection of roughness coefficient and soil surveys data, associated with average land slopes, allowed to discriminate more areas suited to farming activities and those more vulnerable to environmental degradation. The refinement of information enabled the increase in areas liable to agricultural use, provided that conservative and preventive measures of soil degradation are taken.

Key words: Morphometry, potential soil use, roughness coefficient, soils of Goiás.

¹ Adviser: Prof. Dr. Huberto José Kliemann. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do planejamento ambiental é estabelecer normas para territórios complexos, com a postura de que é preciso muito mais prevenir do que corrigir e para tanto, faz-se necessário a análise de seus múltiplos aspectos. Portanto, torna-se imperativo a elaboração de diagnósticos e prognósticos para estabelecer diretrizes de uso racional dos recursos naturais visando à melhoria da qualidade ambiental.

Compreender o meio de forma global, por intermédio de levantamentos ligados aos diversos temas que caracterizam o meio físico, tais como, clima, geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação, uso e cobertura vegetal, numa sequência que represente a evolução das transformações e a velocidade de mudança no espaço estudado é primordial.

Dentre os temas de estudos que caracterizam o meio físico a geomorfologia é de extrema importância por permitir sintetizar a dinâmica das interações da conformação atual do terreno, permitindo deduzir a tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais; a distribuição, a textura, os processos de formação e composição dos solos, bem como o potencial de uso.

A morfologia com suas variáveis, morfografia e morfometria, constitui objeto de estudo da geomorfologia. A morfografia refere-se os aspectos descritivos ou qualitativos representado pelas formas e aparências do relevo e a morfometria refere-se aos aspectos quantitativos em que se avaliam as características geométricas, de relevo e de drenagem.

Uma bacia hidrográfica é um sistema que integra as conformações de relevo e drenagem, sendo formada pelo rio principal e pelos seus tributários, constituindo-se em um sistema de transporte de água e sedimentos. Sua área é definida topograficamente pelos divisores de água. Foi adotada pela Política Nacional de Recursos Hídricos como a unidade de gestão dos recursos hídricos por apresentar os múltiplos usos da água e do solo.

As características da rede de drenagem são muito utilizadas tanto na fotopedologia por serem os componentes da paisagem de mais fácil observação e por refletirem as características da natureza e propriedade dos solos, bem como, por possuírem uma estreita relação com a hidrologia, explicando o desenvolvimento dos sistemas de

drenagem por meio dos processos de erosão hídrica que, para um dado ambiente, dependem primeiramente da infiltração e deflúvio (Carvalho et al., 1990).

A bacia do rio Meia Ponte é considerada a mais importante do estado, por abastecer com água potável 48% da população de Goiás entre os seus limites, inclusive a capital goiana. Devido à sua importância na zona de abrangência, aos múltiplos usos a ela associados e à escassez de informações em escalas maiores, há necessidade de pesquisas para caracterizar a ambiência em vários campos temáticos, tais como solos, hidrografia e vegetação.

A deterioração ambiental ou as alternativas de uso da terra podem ser julgadas por diversos métodos apoiados em critérios definidos a partir de limitações apresentadas pelo meio físico à implementação e desenvolvimento das atividades consideradas, como o Sistema de Capacidade de Uso da Terra (Lepsch et al., 1983), adaptado da classificação americana e o Sistema de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho & Beek, 1995), utilizado pela Embrapa.

O potencial de uso da terra pode ser estabelecido pelo coeficiente de rugosidade, obtido do produto entre a densidade de drenagem e a declividade das sub-bacias hidrográficas, que determina classes de degradação e indica o uso potencial para agricultura, pecuária e florestamento ou reflorestamento (Rocha, 1997; Campos, 1997; Rocha & Kurts, 2001; Pissarra et al., 2004).

O julgamento de uso das terras por meio da metodologia do coeficiente de rugosidade mostrou-se eficiente por ser ágil, com baixos custos e de fácil obtenção dos dados, possibilitando na fase inicial do planejamento ambiental, eleger áreas prioritárias para estudos mais detalhados.

O objetivo deste estudo foi avaliar os atributos morfométricos em relação a distribuição dos solos na paisagem e recomendar o potencial de uso da terra com base no coeficiente de rugosidade na bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PLANEJAMENTO

O termo planejamento abrange ampla gama de atividades. Distinguindo-se as categorias de planejamento estratégico, tático e operacional e podendo usar outros critérios de grandeza espacial tais como, planejamento local, municipal, regional, nacional, dentre outros ou de setores de atividades como, planejamento urbano, rural, econômico, ambiental, etc. (Christofolletti, 1999).

Para Miranda et al. (2005), o planejamento é um processo que busca soluções a problemas e necessidades, levando a ações que satisfaçam metas e objetivos, envolvendo várias etapas consecutivas de trabalho.

Outros conceitos de planejamento, apresentados por vários pesquisadores, podem ser resumidos como um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistemática das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou à escolha das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis.

De acordo com Santos (2004), a finalidade do planejamento é atingir metas específicas no futuro, levando à melhoria de uma determinada situação e ao desenvolvimento das sociedades. Tem o importante papel de orientar os instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos e de gestão para o desenvolvimento de atividades em dado espaço e tempo, incentivando a participação institucional e dos cidadãos, induzindo relações mais estreitas entre a sociedade e as autoridades locais e regionais.

A ênfase do planejamento está na tomada de decisões, subsidiadas por diagnósticos capazes de identificar e definir o melhor uso possível dos recursos ao alcance da meta planejada.

Planejamento é uma atividade a ser executada e não apenas uma produção de documentos. O processo não se esgota na implantação dos projetos, tendo continuidade ao longo do tempo, por meio de várias fases, como o monitoramento e a avaliação, nas quais

os planos são submetidos a ações e cronogramas de implantação, passando por revisões, correções e reformulações periódicas (Santos, 2004).

2.1.1 Planejamento ambiental

O conceito de planejamento ambiental ainda não está bem definido, embora correntemente usado nos meios técnicos e acadêmicos. Santos (2004) admitiu que o planejamento ambiental consiste na adequação de ações à potencialidade, à vocação local e à capacidade de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social.

Miranda et al. (2005) diz que o planejamento ambiental refere-se ao planejamento das condições físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas de forma integrada, com vistas a oferecer um ambiente mais equilibrado, no tempo e no espaço, prevendo-se os processos dinâmicos.

O planejamento e o manejo ambientais podem ser definidos como o iniciar e a execução de atividades para dirigir e controlar a coleta, a transformação, a distribuição e a disposição dos recursos, de modo a sustentar as atividades humanas com o mínimo de distúrbios possíveis, nos processos físicos, ecológicos e sociais (Baldwin, 1985, citado por Christofolletti, 1999).

O planejamento ambiental deve ser capaz de prever e indicar mudanças no uso da terra e na exploração de fontes aceitáveis para as comunidades locais e regionais, ao mesmo tempo em que cria medidas de proteção ao ecossistema. Trabalha sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades de acordo com essas características (Santos, 2004).

2.1.2 Diagnóstico físico conservacionista

O diagnóstico conservacionista como instrumento de manejo integrado deve ser a primeira atividade a ser implementada para avaliar a deterioração ambiental numa bacia hidrográfica. Nele são usadas técnicas de quantificação de retenção de água das chuvas, por infiltração, associado a vários fatores correlatos, tais como limpeza de canais e tributários, seleção de terras apropriadas para o florestamento (baseado no coeficiente de

rugosidade), faixas de contenção e controle de áreas agrícolas e pastoris, envolvendo ainda todos os processos de conservação do solo (Rocha & Kurts, 2001).

As práticas conservacionistas que visam à recuperação do meio físico são iniciadas pelo controle de erosão e enchentes, resultando em maior infiltração da água no solo e mais rápida recarga do lençol freático, diminuindo, assim, o assoreamento de açudes, barragens, lagos e rios. A consequência imediata é a fixação do homem no meio rural e aumento da produção de matéria-prima florestal. Tecnicamente, aconselha-se começar a recuperar o ambiente adotando-se, como unidade básica, as bacias hidrográficas, que, subdivididas em sub-bacias e microbacias, tem mostrado grande eficiência em trabalhos de campo (Rocha, 1997).

A segunda etapa é o prognóstico, que é a previsão ou a suposição sobre o que deve acontecer em uma comunidade quando submetida às recomendações técnicas de melhoria de vida, formuladas pela interpretação dos diagnósticos. O objetivo geral do diagnóstico físico-conservacionista proposto por Rocha (1997) é coletar subsídios para se prognosticar a retenção e o controle das chuvas. O objetivo específico é fazer a distribuição espacial das terras propícias à agricultura, ao florestamento e à pastagem.

Pereira Filho (1986), partindo-se do princípio de que não há possibilidades de se atender às demandas no Brasil ao mesmo tempo, devido aos altos custos para a conservação e, ou, recuperação de bacias hidrográficas, afirmou que a capacidade de uso da terra e coeficiente de rugosidade equivalem-se em 99,9% dos casos e, propôs que se substitua a capacidade de uso da terra pelo coeficiente de rugosidade, por ser este um método mais rápido e menos oneroso, facilitando, principalmente, o aspecto econômico.

Mello Filho (1992) disse que os conflitos de uso da terra podem acontecer quando o tipo de uso da terra contraria a destinação recomendada a partir do coeficiente de rugosidade (CR), ou quando o uso da terra, mesmo que coincida com o indicado pelo coeficiente de rugosidade, utilizem de práticas de manejo inadequadas ou ineficientes. O coeficiente de rugosidade direciona a atividade de agricultura, pecuária ou florestamento ou, ainda, preservação florestal, de acordo com o uso potencial da terra.

2.1.3 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

A bacia hidrográfica como unidade de planejamento é um critério comumente usado pelos planejadores por constituir um sistema natural bem delimitado no espaço e

composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso de água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e assim, mais facilmente interpretadas. Além de ter sido adotada como a unidade de planejamento de gestão dos recursos hídricos definida pela Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (Brasil, 2002).

Lima (2008) afirma ser a bacia hidrográfica um exemplo de sistema geomorfológico: o geossistema. O fundamento é encontrado na Teoria Geral dos Sistemas. Onde a totalidade representa mais do que a soma das partes e a conectividade é o princípio básico do estudo de sistemas. É a idéia de conjunto de elementos interligados para formar um todo que possui propriedades e características próprias.

A bacia hidrográfica na visão sistêmica pode ser considerada como um sistema geomorfológico aberto, recebendo energia do clima reinante sobre a bacia, e perdendo continuamente energia através do deflúvio. Todo sistema é um organismo autônomo, mas ao mesmo tempo componente de um sistema maior (bacia unitária, microbacia, macrobacia).

As bacias hidrográficas, como sistemas abertos, são descritas em termos de variáveis interdependentes, as quais oscilam ao longo de um padrão, ou de uma média. E encontram-se, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Caso ocorra modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou ainda na forma do sistema, haverá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio (resiliência) (Gregory & Walling, 1973).

A qualidade da água de um manancial depende das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. Assim, em planejamento ambiental não se deve considerar o corpo de água isoladamente, mas integrante de um ambiente completo e integrado com o clima, solo, vegetação etc.

Lima-e-Silva et al. (1999), respaldados em conceitos geográficos, definiram a microbacia como uma pequena bacia hidrográfica que pode ter uma área que varia de 1 km² a 20 km², sendo geralmente de segunda ou, no máximo de terceira ordem. Quanto à área, ainda não há consenso científico, mas as microbacias não podem ser muito grandes e, necessariamente, fazem parte de outras bacias maiores.

Segundo Freitas & Kerr (1996), a área da microbacia depende da finalidade da pesquisa e do objetivo do trabalho a ser realizado. Existem algumas sugestões, como

considerar bacias de até 25 km², ideais para estudos hidrológicos (Cogo, 1988, citado por Guerra et al., 2005) e entre 10 km² e 50 km² para planejamento conservacionista (Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

A área da microbacia deve ser suficientemente grande para identificar as interrelações existentes e suficientemente pequena para compatibilizar positivamente com os recursos disponíveis (custo/benefício).

O planejamento e, ou, práticas de conservação apresentam, geralmente, enfoques reducionistas, aplicando-se apenas a segmentos da paisagem geral, podendo levar ao desequilíbrio do ambiente natural por erosão, assoreamento e eutrofização das águas. Então, parece lógico que a pequena bacia hidrográfica deva corresponder à unidade fundamental de trabalho de conservação do meio ambiente. Nela devem-se controlar as enchentes; reabilitar terras improdutivas; tratar e utilizar resíduos; manter ou até aumentar o fluxo dos cursos de água e a recarga da água subterrânea; e implementar os pequenos reservatórios (Resende et al., 2007).

2.2 GEOMORFOLOGIA E RELEVO

A geomorfologia é a ciência que tem por objetivo analisar as formas do relevo, procurando explicar sua gênese e evolução em diferentes escalas espaciais e temporais. Utiliza o conhecimento necessário das forças antagônicas, sistematizadas pelas atividades tectogenéticas e mecanismos morfoclimáticos, responsáveis pelas formas resultantes. Partindo do princípio de que tanto os fatores endógenos como os exógenos são as forças vivas, cujas evidências geram transformações ao longo do tempo geológico, é preciso entender que o relevo terrestre não foi sempre o mesmo e que continuará evoluindo (Cassetti, 1994).

A análise geomorfológica permite sintetizar a história das interações dinâmicas que ocorreram entre o substrato litológico, a tectônica e as variações climáticas. O estudo da conformação atual do terreno permite deduzir a tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a distribuição, a composição e a textura dos solos, bem como a capacidade potencial de uso (Santos, 2004).

Ross (2007) diz que na natureza nada está desarticulado e que as relações dos diversos componentes físicos são na realidade de interdependência. O relevo é a parte importante do palco onde o homem atua como ser social.

As formas de relevo são de grande valor para a análise da capacidade de suporte dos usos e atividades que o homem pode desenvolver na superfície terrestre. Dependendo do tipo de intervenção, do uso e manejo do solo e das características do meio físico, essas formas de relevo poderão dar uma resposta mais ou menos catastrófica (Guerra & Cunha, 2000; Guerra et al., 2005).

Cada tipo ou forma do relevo está associado a um conjunto fisionômico característico (litologia, solos, clima), com a composição específica da cobertura vegetal e distribuição da fauna, permitindo ampla correlação. No planejamento em propriedades rurais são aconselháveis pesquisas em cartas geomorfológicas com escalas maiores que 1:50.000 para se conhecer as formas de relevo que definem a unidade morfológica do relevo, processos morfogenéticos relativos à gênese, ao tamanho, à dinâmica atual, aos padrões de formas e vertentes, nas quais a propriedade está inserida.

A declividade das vertentes é a variável mais importante em estudos ambientais em áreas rurais e urbanas (Guerra et al., 2005). A declividade das vertentes, a cobertura vegetal e rugosidade do terreno, são responsáveis pela maior ou menor velocidade dos fluxos de água que podem induzir processos erosivos.

O comprimento de rampa não é menos importante que o declive, pois na medida em que o caminho percorrido aumenta, não somente as águas se avolumam proporcionalmente, mas a velocidade de escoamento também aumenta progressivamente (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Em princípio, quanto maior o comprimento de rampa, maior a concentração de fluxo, acarretando em uma maior energia resultante que se traduz em maior erosão.

2.3 SOLOS

De acordo com Lima (1986), o complexo denominado solo é composto de partículas minerais, matéria orgânica, solução do solo, ar, bactérias, fungos, algas, protozoários, insetos etc. A parte mineral pode ser dividida em diversas classes de tamanho: cascalho, areia grossa, areia fina, limo, argila. A textura do solo refere-se às quantidades relativas destes vários componentes. Já a maneira pela qual estes vários componentes encontram-se arranjados para formar os agregados define a estrutura do solo. A estrutura do solo pode ser afetada pela textura, pela matéria orgânica, pela atividade biológica etc.

Estas propriedades todas estão associadas ao funcionamento hidrológico do solo. Os agregados do solo, todavia, não são estáveis, mas podem ser destruídos por várias causas: excesso de umidade, destruição da microfauna do solo, impacto das gotas de chuva, pisoteio excessivo, compactação mecânica, etc. A destruição da estrutura do solo, pode significar a mudança ou a destruição do funcionamento hidrológico do solo (Lima, 1986).

Resende et al. (2007) dizem que o fluxo e a retenção de água no solo dependem da profundidade, textura, estrutura, porosidade e pedoforma, as quais se podem integrar das mais variadas maneiras. Portanto, não se pode prever para todas as classes de solo, a retenção de água somente a partir da textura. Porque, além da textura, são importantes os efeitos concorrentes, da mineralogia, da estrutura e da porosidade.

A penetração da água através da superfície pode ser prejudicada pelo entupimento dos poros causado pelo deslocamento e re-arranjo das partículas finas (compactação da superfície). Desta forma, embora um solo possa apresentar excelentes condições internas de transmissão e de armazenamento de água, as condições da superfície podem reduzir a taxa de infiltração. A cobertura vegetal é um dos importantes fatores que podem influir sobre esta condição superficial do solo. A presença da vegetação e da camada de material orgânico (serrapilheira, *ölitterö*) fornece proteção contra o impacto das gotas da chuva, reduzindo a compactação e a desagregação. Se as condições de transmissão da água através do perfil não são satisfatórias, a infiltração da água no solo será prejudicada mesmo que as condições da superfície do solo sejam ótimas (Lima, 1986).

Portanto, o entendimento e a correta interpretação das características dos solos passam naturalmente pelo seu entendimento no tempo e no espaço, ou seja, do seu papel enquanto um componente ambiental. A análise do perfil e a interpretação dos dados analíticos, sem levar em conta os fatores físicos do ambiente do qual faz parte, pode levar a interpretações errôneas ou deixar pontos mal esclarecidos.

O estudo e o mapeamento dos solos como subsídios aos projetos de planejamento ambiental são considerados essenciais, principalmente ao que concerne aos processos de pedogênese que são ligados ao tempo que, por sua vez, controlam os processos erosivos. Esses processos são determinados pela intensidade das mudanças do tempo, clima, tipo e estrutura do substrato litológico. A correta interpretação da localização da área a ser estudada deve ser correlacionada aos fatores físicos do ambiente para que a avaliação tenha sustentação (Resende et al., 2007).

2.4 USO E COBERTURA VEGETAL

O reconhecimento dos diferentes tipos de cobertura vegetal é acompanhado, em geral, da informação do uso atual da terra, já que ambos são estreitamente relacionados. O levantamento da cobertura vegetal trata da identificação, quantificação e qualificação de acordo com o estado de conservação dos remanescentes da área e do uso atual das terras, pela identificação dos tipos de uso, da intensidade de uso, dos indícios de manejo e do percentual da área ocupada por cada tipo de uso.

O uso e a ocupação das terras é tema básico em planejamento ambiental por retratar as pressões e impactos das atividades humanas sobre os ambientes naturais. As informações desse tema devem descrever a situação atual, as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área. Pela interpretação de imagens de sensores remotos, os dados obtidos são espacializados e distribuídos de acordo com as atividades, elaborando-se assim os mapas de uso atual das terras. O procedimento metodológico é o mesmo usado para a vegetação, isolando as categorias de vegetação e uso, tais como a análise de textura, cor, forma e contexto dos alvos (Santos, 2004).

2.5 USO POTENCIAL DAS TERRAS

Para o aumento da produção agrícola, sem que haja deterioração ambiental e de busca de alternativas do uso da terra que atendam às demandas da sociedade e que estejam em consonância com as recentes regulamentações ecológicas, são necessárias informações de base sobre as potencialidades das terras, que conduzam a uma avaliação das possibilidades de uso e identifique as áreas que estão sendo utilizadas com prejuízo potencial ao ambiente (acima da capacidade de uso), tais como aquelas subutilizadas (abaixo da capacidade de uso).

Existem dois métodos em que são estabelecidos diferentes níveis ou categorias de capacidade de uso, apoiando-se em critérios definidos a partir de limitações apresentadas pelo meio físico à implementação e ao desenvolvimento das atividades consideradas. Esses são chamados métodos categóricos. No Brasil, exemplo desse tipo de método é o Sistema de Capacidade de Uso das Terras, desenvolvido a partir do sistema elaborado pelo Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos. Outro método baseia-se na combinação matemática de valores atribuídos a fatores ou elementos do meio

físico. Esses são chamados métodos não paramétricos, que utilizam escalas cardinais na tentativa de quantificar o significado ou valor de certos atributos para o desenvolvimento de determinados usos ou atividades. Esse método é o Sistema de Aptidão Agrícola das Terras, utilizado pela Embrapa (Ramalho Filho & Beek, 1995), cujos critérios metodológicos se baseiam no *Soil Survey Manual* (USDA, 1951) e na metodologia desenvolvida pela FAO (1976), para determinação da produtividade agrícola dos solos. Ambas são classificações técnico-interpretativas dos mapas de solos, com finalidade de orientação ou adaptação das terras para o uso agrário.

Após a definição das unidades ambientais é possível estabelecer um planejamento que leve em consideração as áreas de proteção ambiental (reserva legal, áreas de preservação permanente, corredores ecológicos), as áreas próprias para o cultivo mais intensivo (agricultura, pastagens plantadas) e as áreas para uso mais extensivo e restrito (extrativismo, manejo visando uso múltiplo, pastagem natural, entre outros).

2.6 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

A rede de drenagem é uma variável de grande importância na caracterização e no manejo de bacias hidrográficas, possibilitando a determinação da capacidade de produção de água, as características de escoamento superficial e seus potenciais de produção e transporte de sedimentos. Uma rede de drenagem mais ramificada resultará em redução no percurso do escoamento superficial direto, proporcionando uma redução no tempo de concentração da bacia hidrográfica (Villela & Mattos, 1975).

A área, forma, drenagem e relevo de uma bacia são as características físicas mais estudadas, que, conjuntamente com a geologia, geomorfologia, solo, uso e cobertura vegetal e clima, permitem inferir o potencial de geração de vazão em resposta às precipitações pluviais.

A área de drenagem é o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos, mas a área da bacia hidrográfica isoladamente não permite a análise do potencial de geração de escoamento superficial, mas associada a outros índices físicos se torna importante, pois, a vazão que sai no exutório, principalmente nos períodos das chuvas, está diretamente associada com a área de captação da bacia.

A área é a projeção vertical limitada pelos divisores da bacia, representando a área de captação das águas de chuva que se precipitam na bacia hidrográfica, cujo formato

está diretamente associado à geologia e relevo. Na análise areal da bacia são necessárias medições altimétricas e lineares, que, associadas com a área, permitem os cálculos dos parâmetros relativos à forma, à drenagem e ao relevo da bacia hidrográfica. Os principais parâmetros são: perímetro da bacia, comprimento do rio principal, comprimento axial, extensão total das drenagens, número total de segmentos e número de segmentos de primeira ordem, extensão total das curvas de nível e altitude máxima e mínima da bacia (Christofolletti, 1980).

A forma superficial de uma bacia é importante devido ao tempo de concentração, que é definido como o tempo a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção até chegar à saída da mesma (Villela & Mattos, 1975). A forma é uma das características físicas mais difíceis de ser expressa em termos quantitativos. A forma da bacia, tal qual a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por outras feições da área, principalmente pela geologia, além de atuar em processos hidrológicos ou no comportamento hidrológico da bacia (Lima, 1986).

As características do padrão de drenagem refletem os processos morfogenéticos do terreno na esculturação da paisagem (Christofolletti, 1980). França (1968) verificou que a composição e as características das drenagens variam de acordo com a natureza dos solos, com a posição topográfica na paisagem e com a profundidade do substrato rochoso.

Os índices normalmente utilizados para determinar a forma da bacia são o fator de forma (K_f), o coeficiente de compacidade (K_c) e o índice de circularidade (I_c). O fator de forma (K_f) é um índice indicativo de maior ou menor tendência a enchentes de uma bacia. Bacias hidrográficas estreitas e longas, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrências de chuvas intensas cobrirem toda área da bacia e a contribuição dos tributários atinge o curso de água principal em vários pontos, afastando da condição de bacia circular.

Em bacias alongadas há uma tendência de um maior número de ramificações e densidade de drenagem. Nesse caso, há um aumento no tempo de concentração da bacia retardando o tempo de pico da vazão de cheia. Portanto, bacias com fator de forma baixo estão menos sujeitas a enchentes que outras de mesmo tamanho com fator de forma maior.

O coeficiente de compacidade (K_c) é um coeficiente adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. A bacia hidrográfica com coeficiente de compacidade unitário corresponde a uma bacia circular. Portanto, bacias com K_c

próximo da unidade apresentam maiores tendências a enchentes, devido ao menor tempo de concentração e à convergência instantânea das ondas de cheia em um só ponto. Silva & Melo (2006) propuseram uma classificação quanto ao risco de propensão de cheias, em uma bacia em função do coeficiente de compacidade. Assim, pode-se resumi-lo da seguinte forma: bacias com alta propensão a grandes enchentes: $K_c = 1,00$ a $1,25$; bacias com tendência mediana a grandes enchentes: $K_c = 1,25$ a $1,50$; bacias não sujeitas a grandes enchentes: $K_c > 1,50$.

O índice de circularidade (I_c) é outro índice físico, que é obtido por: $I_c = K_c^{-2}$. Quanto mais próximo da unidade estiver esse índice, mais a bacia hidrográfica se aproximará de um círculo e maior a sua propensão a grandes cheias, diminuindo na medida em que a forma se torna mais alongada. Representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia, que, melhor se relaciona com o escoamento fluvial (Müller, 1953, citado por Christofolletti, 1980; Schumm, 1956). Assim: $I_c = 0,51$ representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas; $I_c > 0,51$ indica que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas); $I_c < 0,51$ sugere que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento.

A frequência da rede de drenagem (Dr) expressa a magnitude da rede hidrográfica e indica a capacidade que a bacia possui para gerar novos cursos de água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas.

A sinuosidade do rio (Sin) principal está relacionada ao comprimento do rio principal e o comprimento do mesmo medido em linha reta entre a nascente e a foz. Valores próximos a $1,0$ indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a $2,0$ sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Segundo Villela & Mattos (1975), os cursos de água mais sinuosos propagam mais lentamente as cheias, devido à existência de meandros que diminuem a velocidade do escoamento. A sinuosidade está ligada à declividade do rio. Rios mais sinuosos apresentam declividades menos acentuadas, pois percorrem maior extensão para uma mesma diferença de nível. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é fortemente influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, pela estruturação geológica e pela declividade dos canais.

A densidade de drenagem (Dd) relaciona-se diretamente com os processos climáticos atuantes na área da bacia, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de

material detrítico, estando diretamente relacionada à capacidade de erosão fluvial. O comportamento hidrológico das rochas, em ambientes climáticos análogos, vai repercutir na densidade de drenagem, ou seja, onde a infiltração for deficiente haverá maior escoamento superficial, possibilitando maior esculturação dos canais de escoamento permanentes e, por conseguinte, maior densidade de drenagem. Assim, nas rochas mais impermeáveis, as condições para o escoamento superficial são melhores. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa (Horton, 1945). Este é um índice físico que permite avaliar a eficiência da rede de drenagem, pois para bacias de mesma área, quanto maior e mais ramificada for a rede, mais rápida será a propagação do escoamento superficial, reduzindo, portanto, o tempo de concentração.

Existem controvérsias quanto aos valores absolutos que indicam se a densidade é elevada ou baixa. De toda forma, o que se conclui pela comparação das densidades de duas bacias, é que, aquela de maior Dd é mais acidentada e provavelmente possui cobertura vegetal de maior porte. Segundo Villela & Mattos (1975), bacias com $Dd \leq 0,5 \text{ km.km}^{-2}$ apresentam uma drenagem pobre e bacias com $Dd \geq 3,5 \text{ km.km}^{-2}$ apresentam uma boa drenagem natural. Silva & Melo (2006) classificam uma bacia, com base na densidade de drenagem da seguinte forma: bacia com baixa densidade de drenagem: $< 5,0 \text{ km.km}^{-2}$; bacia com média densidade de drenagem: $5,0 \text{ a } 13,0 \text{ km.km}^{-2}$; bacia com alta densidade de drenagem: $> 13,0 \text{ km.km}^{-2}$.

O coeficiente de manutenção (Cm) é o índice que estabelece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento de primeira ordem (Schumm, 1956). O Cm é considerado um dos índices mais importantes do sistema de drenagem.

A razão de textura (T) é a relação do número total de segmentos de rios de primeira ordem da bacia e seu respectivo perímetro. França (1968) apresentou uma classificação da textura de drenagem, na qual, com valores menores que 2,5 é classificada como grosseira; entre 2,5 e 6,2, como média; e acima de 6,2, como fina.

A declividade média (H) da bacia relaciona-se com a velocidade do escoamento superficial da bacia. Bacias com maior declividade e, portanto, com maior velocidade de escoamento superficial, a despeito das demais características, apresentam menor infiltração e maior suscetibilidade à erosão, além de magnitude dos picos de enchente mais elevada (Villela & Mattos, 1975).

A amplitude altimétrica (Hm) da bacia interfere na possibilidade de ocorrência de enchentes e na oportunidade de infiltração e susceptibilidade para a erosão em função da velocidade com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia.

A relação do relevo (Rr) é o relacionamento entre a amplitude altimétrica da bacia e a sua maior extensão, que é o comprimento do rio principal da bacia (Schumm, 1956). A velocidade de escoamento de um rio depende da sua declividade, sendo maior quanto mais acentuado for o declive. Como consequência, mais rápida será a resposta à precipitação na saída da bacia.

O índice de rugosidade (Ir) combina a declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem. De acordo com Strahler (1958, 1964), citados por Christofolletti (1980), se a densidade drenagem aumenta enquanto o valor da amplitude altimétrica permanece constante, a distância horizontal média entre a divisória e os canais adjacentes será reduzida, acompanhada de aumento na declividade da vertente. Portanto, um índice de rugosidade maior implicará em relevo mais colinoso e dissecado, com maior declividade e canais mais entalhados (Castro & Carvalho, 2009).

O coeficiente de rugosidade (CR) obtido a partir da multiplicação da densidade de drenagem pela declividade média da bacia é um parâmetro ambiental que direciona o uso potencial das terras quanto as suas características, para as atividades de agricultura, pastagem ou florestamento. Rocha (1997) considerou pelo menos seis parâmetros que definem os tipos, padrões e sistemas de drenagem das bacias hidrográficas, os quais: comprimento da vazão superficial, densidade de drenagem, índice de circularidade, índice de forma, declividade média da bacia e coeficiente de rugosidade. Torna-se possível estabelecer o grau de deterioração ambiental e o uso potencial das terras a partir da combinação dos resultados desses índices.

O padrão de drenagem é o formato ou aspecto que apresenta o traçado do conjunto de talvegues de uma bacia hidrográfica. Este padrão ou desenho está intimamente relacionado às características geológicas e geotectônicas da área, sendo, portanto importante elemento diagnóstico e interpretativo. Padrões de drenagem são variações de forma, organização e densidade da rede de drenagem e são fortemente influenciados por dois fatores: o climático e o geológico, originando padrões de drenagem distintos na forma e na densidade.

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das

camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pela diferença de declividade e pela evolução geomorfológica da região (Christofolletti, 1980). Existem vários tipos de padrões de drenagem, sendo que a maior parte está associada à geologia da área. Os padrões de drenagem mais comuns são: dendrítico, treliça, paralelo, retangular, radial e anelar.

A hierarquia fluvial ou ordem dos cursos d'água pode ser determinada pelos métodos introduzidos por Horton (1945) e por Strahler (1957). No método de Horton, todos os tributários inicialmente são considerados de primeira ordem. A junção de dois cursos de ordem n dará a origem a um curso de ordem $n+1$. Após a ordenação de toda a rede de drenagem, atribui-se ao curso de água de maior comprimento a maior ordem obtida, desde a sua nascente até a sua foz. A classificação apresentada por Strahler consiste em: canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (Christofolletti, 1980). A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

2.6.1 Declividade e orientação das vertentes

A declividade conta com duas componentes: o gradiente e a exposição. A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal. O gradiente (declividade) é a variação no valor da elevação, podendo ser medido em grau ou em porcentagem (Figura 1a). Em alguns programas computacionais o gradiente é referenciado como declividade. A exposição (orientação) é a direção dessa variação medida em graus (0 a 360°) (Figura 1b). Os dois componentes da declividade (gradiente e exposição) são calculados a partir de derivadas parciais de primeira e segunda ordem obtidas de uma grade (retangular ou triangular), resultante dos valores de altitude da superfície. Para cada ponto dessa grade são calculadas as derivadas parciais, computando-se os valores de altitude em uma janela de 3 x 3 células, que se desloca sucessivamente sobre a grade. O resultado corresponde a duas novas grades, uma de gradiente e outra de

exposição (Felgueiras, 2001; Romão, 2006). Segundo definiu Tonello (2005), a orientação ou exposição das vertentes de um determinado ponto no terreno pode ser descrita como o azimute em graus (ou ponto cardinal na rosa dos ventos) para o qual se encontra orientado o plano de máxima declividade nesse ponto.

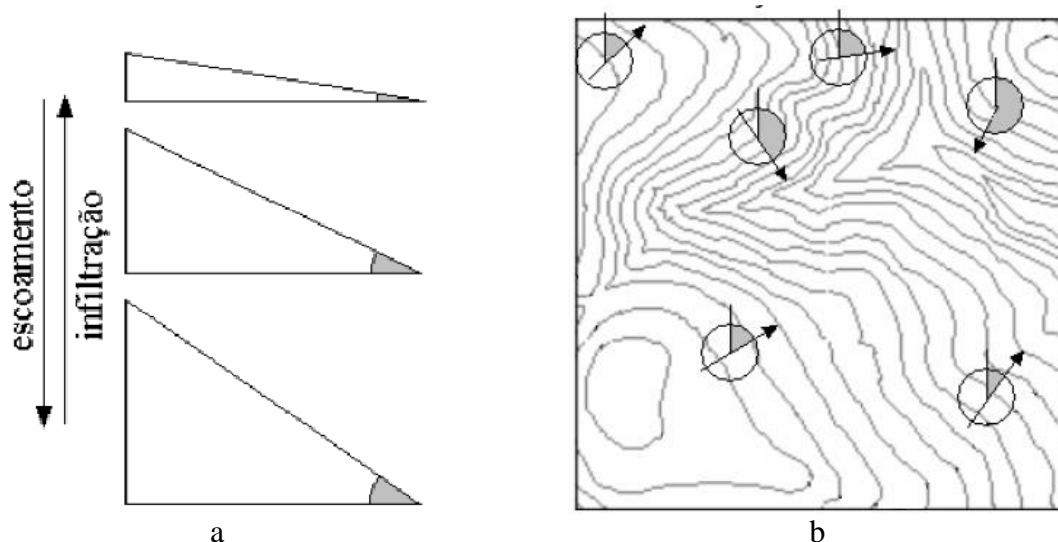


Figura 1. Variáveis geomorfométricas locais derivadas da altimetria (Valeriano, 2008b). Declividade (a) e Orientação das Vertentes (b).

A declividade de uma bacia hidrográfica tem importante relação com alguns processos hidrológicos, tais como, o escoamento superficial, a infiltração, a umidade do solo, dentre outros. Sendo também um dos principais fatores que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos de água. Apesar da grande importância da declividade, não se deve desprezar a influência secundária da direção geral da declividade, ou seja, da orientação das vertentes (Lima, 1986).

A orientação das vertentes de uma bacia afeta a temperatura e a evapotranspiração, devido à influência que exerce sobre a quantidade de radiação solar recebida pela bacia. Dependendo da orientação, as bacias podem produzir mais ou menos água em função da evapotranspiração. A orientação define a direção para a qual a declividade está exposta. Por exemplo, uma bacia de orientação norte drena suas águas para o norte. A temperatura e a umidade do solo variam com a orientação das vertentes, bem como sua posição topográfica influi na reação do solo e no grau de intemperismo. Isso deve-se à menor ou maior exposição das vertentes aos raios solares. No hemisfério sul as vertentes voltadas para sul e leste tendem ser mais frias e úmidas do que as orientadas para

norte e oeste (Guerra & Cunha, 2000).

Quanto mais próximos do ângulo de 90° em relação à superfície da Terra, maior a incidência dos raios solares, pois menor será a distância Terra-Sol. A latitude influencia diretamente, portanto, nos regimes térmicos regionais. Nas regiões sulinas brasileiras, no inverno, mesmo ao meio-dia, o ângulo de radiação é baixo, enquanto na região equatorial ele é bem mais alto. Os raios oblíquos das latitudes mais elevadas são distribuídos por uma superfície maior do que os verticais e, conseqüentemente, produzem menos calor por unidade de superfície.

Quanto maior a latitude, maior a influência da orientação de vertentes no regime térmico e hídrico, por causa da incidência de energia solar, que no hemisfério sul é maior nas vertentes orientadas para o Norte. Em regiões de clima temperado, esse mecanismo atua na distribuição de culturas agrícolas e no valor de terras, o que faz da orientação de vertentes, uma variável de significado relevante no planejamento territorial (Valeriano, 2008a).

Uma das principais utilizações da orientação de vertentes em geoprocessamento advém de seu poder de descrição da estrutura de hidrologia superficial. A seqüência de pontos (pixels) alinhados pela orientação de vertentes determina um caminamento esperado de escoamento que se costuma chamar de linhas de fluxo. As linhas de fluxo, canais de drenagem e divisores de água podem ser definidos em função do arranjo local de diferentes orientações, o que fica prontamente visível em representações adequadas da variável. Assim, o delineamento de microbacias pode ser altamente favorecido quando feito com apoio da orientação de vertente (Valeriano, 2008b).

2.6.2 Hipsometria de uma bacia hidrográfica

Outro parâmetro de descrição morfométrica da bacia hidrográfica refere-se à distribuição espacial das altitudes, que pode também ser correlacionado a índices morfométricos já descritos, como a Amplitude Altimétrica e o Índice de Rugosidade. A distribuição das altitudes de uma bacia hidrográfica pode auxiliar na compartimentação morfológica de uma bacia, indicando as altitudes mais frequentes que definem uma unidade de relevo, como os planaltos e as planícies porventura existentes em uma bacia hidrográfica.

Assim, é possível afirmar que a análise hipsométrica pode ser realizada a partir

do conhecimento das interrelações existentes em determinada unidade horizontal de espaço, no tocante à sua distribuição em relação às altitudes, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas, a partir de determinada isoipsa (linha que passa por pontos de mesma altitude) base. Os estudos hipsométricos também possibilitam o conhecimento do relevo quanto ao potencial erosivo, uma vez que o desnível em determinada área pode significar uma energia potencial para a ocorrência de processos dinâmicos de alteração da configuração do relevo, relacionada ao nível de base de erosão. Dessa forma, a configuração topográfica de uma área de drenagem está estritamente relacionada com os fenômenos de erosão que se processam em sua superfície. Logo, por meio da hipsometria é possível detectar o índice de dissecação do relevo (Felgueiras, 2001; Romão, 2006).

2.6.3 Semelhança geométrica entre bacias hidrográficas

A caracterização física de uma bacia hidrográfica retrata, entre outros, aspectos de extensão, forma, relevo e uso e ocupação do solo. É de grande importância o estudo de seu comportamento hidrológico, no desenvolvimento e aplicação de equações de regionalização de informações hidrológicas. Villela & Mattos (1975) afirmaram que há uma estreita correspondência entre as características físicas e o regime hidrológico, o que possibilita que, ao estabelecerem-se estas relações, valores hidrológicos sejam determinados indiretamente em outros locais desprovidos de dados. Para tal, deve-se selecionar as regiões hidrologicamente semelhantes, baseando-se nas relações de homogeneidade e na semelhança entre as bacias.

Segundo Botelho (1999), a quantificação das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é importante para se transferir dados de uma bacia monitorada para outra semelhante onde faltam informações ou não é possível a instalação de postos hidrométricos. Com relação aos critérios técnicos deve ser observada a rede de drenagem que está diretamente associada à geologia e à geomorfologia, para que os resultados sejam facilmente extrapolados.

O teste de semelhança geométrica proposto por Strahler (1957) permite agrupar as bacias hidrográficas de maior similaridade, empregando para tal, medidas lineares e de áreas obtidas pela análise morfométrica das bacias analisadas. Esse método tem sido empregado como auxiliar no processo de amostragens de bacias hidrográficas que tenham

homogeneidade edafológica, comportamento hidrológico e características morfométricas semelhantes (Silva & Carvalho, 2002; Pinto Junior & Rossete, 2005). Os autores comentam que no teste de semelhança geométrica, sejam comparadas as bacias hidrográficas relacionando-as duas a duas pelo emprego dos atributos morfométricos, obtendo-se assim os valores médios das grandezas lineares que, elevada à sua razão quadrática possa ser comparada com a respectiva razão de área. Quanto mais semelhante forem, menores deverão resultar as diferenças das razões quadráticas entre as bacias relacionadas, o que permite seu agrupamento por semelhança geométrica.

Demattê & Demétrio (1995), na seleção de bacias hidrográficas pelo teste de semelhança geométrica, verificaram uma maior abrangência das características dimensionais, permitindo assim uma melhor caracterização das unidades de mapeamento estudadas. Além disso, e devido à grande dimensão da área estudada, foi possível também a seleção de bacias intermediárias para outros solos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE

A bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte está compreendida entre as coordenadas de 16°06' e 16°15' S e 49°30' e 49°40' W Gr, na região central de Goiás. A área de drenagem da bacia é de 162,93 km² e inclui os municípios de Itauçu e Inhumas (Figura 2). A área urbana de Itauçu está totalmente inserida na bacia.

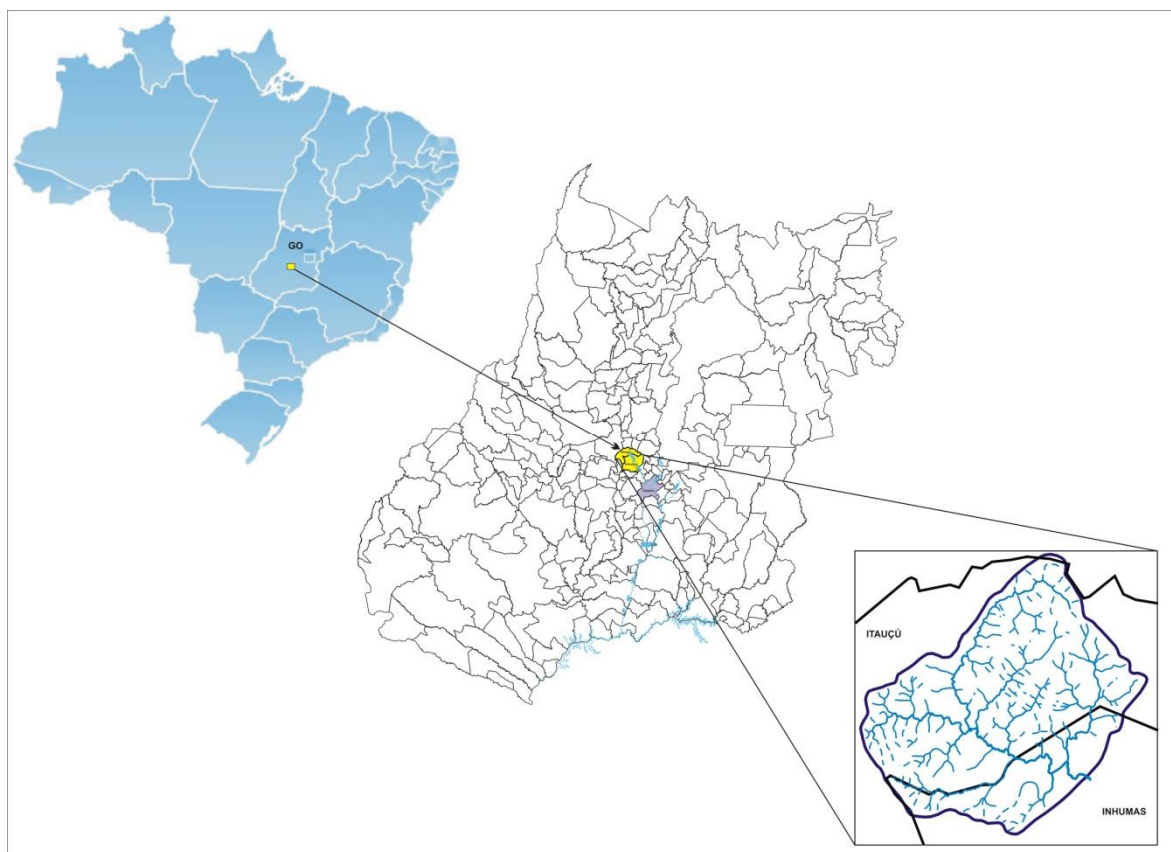


Figura 2. Localização da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte no estado de Goiás.

O rio Meia Ponte nasce na Serra dos Brandões, entre os limites de Itauçu e Taquaral de Goiás, a 60 km de Goiânia, e percorre uma extensão de 471,6 km até desaguar no Rio Paranaíba. Seus principais afluentes são o ribeirão João Leite e os rios Caldas e

Dourados. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de aproximadamente 12.180 km², o que representa cerca de 4% da área do Estado de Goiás. Nessa região estão inseridos 38 municípios, onde vivem dois milhões de habitantes, o que corresponde a 43% da população no Estado de Goiás (Seplan, 2008).

3.1.1 Clima

O clima predominante na região é clima tropical subquente, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro ó abril) e outra seca (maio ó setembro), de acordo com IBGE (1978).

Segundo Silva et al. (2006), usaram-se para os cálculos de temperatura e precipitação média, os dados da estação meteorológica de Inhumas das séries históricas entre os anos de 1976 a 2002. As temperaturas máximas e mínimas médias anuais ficaram as máximas entre 29° e 30°C no período chuvoso e entre 31° e 32°C no período seco e as mínimas de 19° a 20°C no período chuvoso, e de 15° e 16°C no período seco, enquanto a precipitação mínima média anual foi de 100 a 125 mm, no período seco e a precipitação máxima média anual no período chuvoso ficou entre 1400 a 1500 mm. A umidade relativa mínima média anual, para o período de 1983 a 2003, dados da estação de Santo Antônio de Goiás, variou de 58% a 60 % (maio e setembro) e a umidade relativa máxima média anual variou de 80% a 82% (outubro a abril). A insolação mínima média anual para o período chuvoso foi de 1150 a 1250 h, e a insolação máxima média anual para o período seco 1200 a 2150 h. A evaporação mínima média anual ficou entre 100 mm e 120 mm e a máxima média anual entre 200 mm a 200 mm.

3.1.2 Geologia

A geologia da região é representada por rochas do complexo granulítico Anápolis-Itauçu, Associação Ortognáissica-Migmatítica e Suíte Gabro-Diorítica Anicuns-Santa Bárbara, granitóides (Figura 3), descritas a seguir (Araújo, 1997).

Figura 3. Mapa geológico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

O Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu compreende um conjunto de rochas gnáissicas de alto grau de metamorfismo, orto e paraderivadas e tectonicamente intercaladas. Ocorrem por vezes em faixas estreitas e alongadas alternando-se ora entre si, ora com os granitóides da Associação Ortognáissica-Migmatítica com direção preferencial a NW-SE. Os contatos entre as duas unidades estão relacionados com a tectônica regional (zona de cisalhamento) evidenciados por milonitização e, localmente, por efeitos retrometamórficos e hidrotermais.

Ao Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu é atribuída a idade arqueana indivisa à proterozóica inferior. Quanto à nomenclatura, adotou-se a denominação de granulitos ortoderivados para a Associação de Ortogranulitos (APIgaio) e de granulitos paraderivados para a Associação de Rochas Supracrustais (APIgaip).

Essas rochas apresentam bandamento e textura fina a média e, às vezes, encontram-se intensamente milonitizadas. A Associação de Ortogranulitos (APIgaio) são representados por temos básicos-ultrabásicos (anfíbolitos, metagrabos, metapiroxenitos, metaperidotitos, talco xisto, talco-clorita xisto, serpentinitos). A Associação de Rochas Supracrustais (APIgaip) são caracterizados por gnaisses sílico-aluminosos e quartzo-feldspáticos, granada gnaisses, rochas calcissilicáticas diopsídio mármores, granada quartzitos e gonditos, associados com gnaisses graníticos e subordinadamente ocorrem granulitos ortoderivados associados.

As relações de contato com as rochas da Suíte Gabro-Diorítica Anicuns-Santa Bárbara são nitidamente tectônicas através de zona de cisalhamento, com importante ação hidrotermal evidenciada pela presença de veios de quartzo. Nos granitóides da Associação Ortognáissica-Migmatítica, os contatos podem ser tectônicos ou intrusivos.

Araújo (1997), baseando-se em dados obtidos no mapeamento das folhas Itaberá e Itaguaru, adotou o termo Associação Ortognáissica-Migmatítica (APIy₁) para os granitóides (y₁), constituídos por ortognaisses de composição predominantemente tonalítica, com termos graníticos e granodioríticos, provavelmente de derivação por fusão parcial ou total das rochas metapelíticas do Complexo Granulítico. As rochas desta unidade encontram-se intercalados nas rochas do complexo granulítico.

O termo Suíte Gabro-Diorítica Anicuns-Santa Bárbara (PM i) pode ser usado para caracterizar um conjunto de corpos plutônicos diferenciados, de natureza básica a intermediária, de composição predominantemente gabro-diorítica, comagmático. No interior da Associação de Ortogranulitos ocorrem freqüentes massas de rochas desta

natureza, com dimensões quase sempre não cartografáveis, associadas aos granulitos básicos. O corpo Santa Bárbara é constituído de metagabros, que transicionam para metadiorito marcado pelo aumento de minerais máficos. A idade provável é proterozóica média, devido ao posicionamento intrusivo na Sequência Metavulcano-sedimentar Anicuns-Itaberaí de idade proterozóica inferior (Araújo, 1997).

Os granitóides (PSy3) ocupam parte das porções oeste da bacia, onde ocorrem alojados em litótipos da Suíte Gabro-Diorítica Anicuns-Santa Bárbara em contatos nitidamente intrusivos. As injeções pegmatíticas e graníticas que ocorrem na área, possivelmente estejam ligadas a este evento. A idade desses granitóides ainda é discutível, sendo os dados geocronológicos insuficientes para uma interpretação melhor; em estudos realizados em áreas vizinhas obteve-se isócrona de 950 milhões de anos. Por isso foram considerados do Proterozóico Superior (Araújo, 1997).

3.1.3 Geomorfologia

A geomorfologia da região é caracterizada como Planalto Central Goiano que compreende um grande planalto subcompartimentado em níveis topográficos distintos e com características próprias, mas ligados entre si por traços genéticos comuns (Mamede et al., 1983). A geomorfologia da região reproduz feições de relevo resultantes da exumação de estruturas dobradas no decorrer de vários ciclos tectônicos, com dois tipos particulares de relevo (Lacerda Filho, 1994) compostas pelas subunidades a seguir (Figura 4):

- a) *Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba* ó com feições geológicas diversificadas (Complexo Granulítico Anápolis - Itauçu), com formas dissecadas, descontínuas e fragmentadas, com um conjunto de relevos residuais, conservados em meio a superfícies mais rebaixadas. A dissecação desta subunidade resultou em formas convexas, que ocupam a quase totalidade da porção oeste e parte da porção leste da bacia, com o predomínio de Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelhoó Amarelos. Ocorrem também formas aguçadas em relevos residuais, com escarpas de até 45% de inclinação, onde predominam os Cambissolos Háplicos e os Neossolos Litólicos.

Figura 4. Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

- b) *Planalto Rebaixado de Goiânia* é que abrange um amplo planalto rebaixado e dissecado, esculpido em litologias diversas do pré-cambriano. A área é dominada pelos gnaisses e granitos do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu, onde ocorrem intrusões graníticas e granodioríticas. Neste planalto atuaram processos de dissecação, resultando em modelados tabulares, na parte inferior da bacia, nas margens do rio Meia Ponte. Na porção nordeste ocorrem formas convexas de dissecações mais intensas. Os solos dominantes nessa unidade geomorfológica são os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos e os Latossolos Vermelhos distróficos.

3.1.4 Vegetação

A composição da vegetação natural da região das nascentes era constituída por Floresta Estacional Decidual e Semidecidual Submontana e área de Tensão Ecológica composta pelo contato de Floresta Semidecidual Aluvial, na parte sul da bacia (Magnago et al., 1983). O Departamento de Geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revisando os trabalhos anteriores classificou a vegetação da área da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, principalmente o que existe de remanescente de Floresta Estacional Decidual Montana. A vegetação natural da área era constituída pelas florestas estacionais deciduais, que se referem a formações arbóreas que ocorrem em regiões com duas estações bem definidas (seca e chuvosa).

A vegetação é tipicamente decídua, com no mínimo de 50% de perda de folhas na estação seca do ano. Além disso, a temperatura anual média é 25°C e a precipitação anual média varia entre 700 e 1500 mm, com pelo menos três ou mais meses secos; possuem altura do dossel variando de 10 a 40 m, com uma área basal de 17 a 40 m² ha⁻¹, com aproximadamente 50 a 75% da produtividade primária líquida de florestas tropicais úmidas. A formação Floresta Estacional Decidual Montana ocorre em áreas disjuntas que se apresentam bastante expressivas.

3.2 ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Para todos os trabalhos de conversão, digitalização e elaboração dos mapas utilizaram-se os programas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), Spring 5.0.4 (Camara et al., 1996) e ArcGis Desktop, desenvolvido pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI). Para a confecção do mapa preliminar da bacia, utilizou-se a

carta topográfica SE-22-X-A-III do IBGE, de onde se extraiu a rede de drenagem, o sistema viário e curvas de nível com a equidistância de 40 metros. A partir das curvas de nível gerou-se o modelo numérico do terreno, do qual se elaboraram os mapas de declividades, hipsometria e orientação de vertentes.

Posteriormente, efetuou-se a interpretação de imagens de satélite Landsat TM - 5 nas bandas 2, 3, 4, 5 e 7, com passagem em maio de 2008. A composição colorida utilizada para os trabalhos de levantamentos dos dados de campo foi a RGB ó 457, que pode ser vista na Figura 5. Para o georreferenciamento das imagens usaram-se os pontos de controle das drenagens contidas nas cartas topográficas.

Para o levantamento de Uso e Cobertura da Terra os pontos de controle foram tomados com o uso de Sistema de Posicionamento Global - GPS de navegação. Os pontos escolhidos na imagem na fase preliminar foram posteriormente checados e validados em campo.

Para os estudos de geologia foram utilizados os trabalhos de levantamentos geológicos da companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (Araújo, 1994) na escala 1:100.000 e para os estudos de vegetação e geomorfologia utilizaram-se respectivamente os trabalhos do Magnago et al. (1983) e Mamede et al. (1983), na escala 1:1.000.000, sendo que na geomorfologia em virtude da escala, foi necessária uma reinterpretação e refinamento para a adequação das unidades geomorfológicas à escala de trabalho utilizada.

O levantamento de solos foi feito de acordo com a metodologia preconizada e adotada pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), constante no manual técnico de pedologia (Oliveira, 2007). Foram coletados sete perfis completos e três pontos de amostras extras (horizontes A e B ou C), totalizando 33 amostras, de forma que cada uma das principais classes de solos (dominante simples ou componente de associação), foi representada por, pelo menos, um perfil completo ou um ponto de amostra extra.

As amostras de solos coletadas foram submetidas às análises físicas (granulometria, argila dispersa em água, e densidades do solo e de partículas) e químicas (pH em água e em KCl, fósforo, potássio, matéria orgânica, cálcio, magnésio, hidrogênio, alumínio e CTC efetiva), conforme a metodologia preconizada pela Embrapa (1997). As descrições gerais, morfológicas e analíticas das amostras estão na seção Apêndices. A classificação de solos foi feita pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos ó (SiBCS) (Embrapa, 2006).

Figura 5. Carta imagem da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

3.3 ATRIBUTOS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO MEIA PONTE

As características físicas das sub-bacias hidrográficas do Alto Rio Meia Ponte obtidas por meio de uso de programa de Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram: área, perímetro da bacia, comprimento do rio principal, extensão total das drenagens e comprimento axial, além das altitudes máximas e mínimas, das cotas e das extensões das curvas de nível dentro da bacia (Figura 6).

A área de drenagem da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte foi subdividida em sete unidades menores para detalhamento das sub-bacias hidrográficas, assim denominadas: Sb1, Sb2, Sb3, Sb4, Sb5, Sb6 e Sb7. As sub-bacias foram definidas pelos seus divisores internos, da mesma forma que o realizado para a bacia principal.

Além dos índices de forma (Kf), Coeficiente de compacidade (Kc) e Índice de circularidade (Ic) outros índices referentes ao padrão e ao relevo das drenagens foram determinados, tais como frequência da rede de drenagem (Dr), sinuosidade do rio principal (Sin), coeficiente de manutenção (Cm), densidade de drenagem (Dd), razão de textura (T), declividade média da bacia (H), Amplitude altimétrica (Hm), relação do relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir), coeficiente rugosidade (CR), os quais são descritos a seguir:

- a) *Fator de forma (Kf)*: é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia seguindo o curso de água principal, desde a cabeceira mais distante até o exutório. Esse índice correlaciona a forma da bacia com um retângulo de área igual a da bacia hidrográfica. Portanto, a largura média L_m é obtida dividindo a área da bacia pelo comprimento axial, ou seja:

$$L_m = \frac{A}{L} \quad K_f = \frac{L_m}{L} \quad (1)$$

em que:

A: área da bacia (km²) e

L: comprimento axial da bacia (km).

Figura 6. Mapa hidrográfico e altimétrico das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte.

- b) *Coefficiente de compacidade* (K_c): coeficiente adimensional, que indica a relação entre o perímetro da bacia e de um círculo de área igual à da bacia, obtido por:

$$K_c = 2,08 \frac{A}{P^2} \quad (2)$$

em que:

P: o perímetro bacia (km).

- c) *Índice de circularidade* (I_c): relação entre a área da bacia e o coeficiente de compacidade (K_c), expresso por:

$$I_c = \frac{A}{K_c^2} \quad (3)$$

- d) *Frequência da rede de drenagem* (D_r): representa a relação entre o número total de cursos de água e a área da bacia.

$$D_r = \frac{N}{A} \quad (4)$$

em que:

N: número total de cursos d'água da bacia.

- e) *Sinuosidade do curso de água principal* (S_{in}): obtida pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento entre a nascente e a foz, medida em linha reta, ou seja:

$$S_{in} = \frac{L_t}{L_r} \quad (5)$$

em que:

L_t : comprimento do rio principal.

- f) *Densidade de drenagem* (D_d): razão entre o comprimento total dos cursos de água em uma bacia hidrográfica e a sua área, dando um indicativo se a bacia hidrográfica é bem ou mal drenada, ou seja:

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (6)$$

em que:

$\sum L$: extensão total dos cursos de água (km).

- g) *Coeficiente de manutenção* (Cm): obtido pelo inverso da densidade de drenagem. Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento:

$$Cm = \frac{1}{D_d} 1000 \quad (7)$$

- h) *Razão de textura* (T): calculada por meio da relação entre o número total (Nt) de segmentos de rios de primeira ordem da bacia e seu respectivo perímetro.

$$T = \frac{N_t}{P} \quad (8)$$

- i) *Declividade média da bacia* (H): calculada a partir da extensão e diferença de nível entre curvas subsequentes, divididas pela área total da bacia, ou seja:

$$H = 100 \frac{\sum \Delta h}{A} \quad (9)$$

em que:

h: equidistância entre duas curvas de nível subsequentes (km) e,

∑Ln: o comprimento das curvas de nível compreendidas na bacia (km).

- j) *Amplitude altimétrica da bacia* (Hm): corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia.

$$Hm = H_{\max} - H_{\min} \quad (10)$$

em que:

H_{máx}: altitude máxima (m), e

H_{mín}: altitude mínima (m).

- k) *Relação do relevo* (Rr): relaciona a amplitude altimétrica (Hm) da bacia e o comprimento do canal principal.

$$Rr = \frac{Hm}{L_p} \quad (11)$$

- l) *Índice de rugosidade* (Ir): combina a declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, como um parâmetro adimensional, isto é, o produto entre amplitude altimétrica (Hm) e densidade de drenagem (D_d).

$$Ir = Hm \cdot D_d \quad (12)$$

- m) *Coefficiente de rugosidade (CR)*: obtido pelo produto da densidade de drenagem pela declividade média da bacia (H).

$$CR = D.D. \cdot H \quad (13)$$

Para a classificação das classes de potencial de uso das terras das sub-bacias, tomaram-se por base os valores de CR encontrados, ordenando-os de forma crescente (Tabela 1). A seguir, calcularam-se a amplitude (diferença entre o maior e o menor CR) e o intervalo de domínio (relação da amplitude dividida pelo número de classes de uso), adotada por Rocha (1997).

Tabela 1. Classificação das classes de potencial de uso do solo das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte, de acordo com os coeficientes de rugosidade (CR)

Sub-bacias	CR	Intervalos	Classes de Uso
Sb7	10,47	10,47 + 4,174 = 14,65	A - Agricultura
Sb4	17,73		
Sb1	18,12	14,65 + 4,174 = 18,82	B - Pecuária
Sb6	18,84		
Sb3	20,91	18,82 + 4,174 = 22,99	C - Pecuária e Floresta
Sb2	26,54		
Sb5	27,17	22,99 + 4,174 = 27,17	D - Floresta

O método de semelhança geométrica proposto por Strahler (1957) e modificado posteriormente por França (1968), permite comparar as bacias pelas médias ponderadas de seus parâmetros dimensionais. Os parâmetros utilizados são: comprimento axial (L_a) e maior largura (L) das bacias; comprimento do rio principal (L_p), comprimento total da rede (ℓ_r); perímetro (P) e área (A) das bacias. O teste de semelhança geométrica consiste na comparação entre o quadrado da média das razões entre os parâmetros lineares (R_m) e a razão das áreas (A/A_0), entre duas bacias hidrográficas (Equação 14).

$$R_m = \frac{1}{5} \left[\frac{L_a}{L'_a} + \frac{L}{L'} + \frac{L_p}{L'_p} + \frac{\ell_r}{\ell'_r} + \frac{P}{P'_b} \right] \quad (14)$$

Os numeradores referem-se aos parâmetros de uma bacia e os denominadores referem-se a uma segunda bacia. Quando A/A_b for semelhante a R_m^2 , então se diz que as duas bacias são semelhantes.

3.4 ELABORAÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADES, ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES E HIPSOMETRIA

Para a elaboração do mapa de declividades e orientação das vertentes foi necessário primeiro gerar uma grade triangular irregular (TIN) a partir da altimetria. A seguir, gerou-se uma grade de declividade e de orientação definindo os intervalos de classes e suas categorias correspondentes à declividade e à orientação das vertentes, gerando um mapa do modelo temático (em representação varredura). As classes de declividades foram estabelecidas considerando os intervalos constantes descritos por Oliveira (2007).

A orientação das vertentes é uma medida de ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, geralmente expressa em azimuth, isto é, em relação ao norte geográfico, em que o valor é 0° ou 360° no sentido horário. Corresponde à direção azimutal do vetor, cujo módulo é a declividade. Em relevos planos é difícil sua determinação, uma vez que o módulo da declividade (gradiente), nessa situação é nulo ou quase nulo. Este parâmetro consiste no alinhamento de pontos em orientações próximas entre si para determinar as linhas de fluxo, ou exposição à insolação, que consistem os elementos básicos da estrutura da hidrologia superficial de uma microbacia (Valeriano, 2008b).

O cálculo da orientação das vertentes foi realizado na bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte utilizando como tema de entrada o modelo digital de elevação. A grade de exposição do terreno foi reclassificada de acordo com as oito classes apresentadas para uma melhor interpretação.

Para a geração do mapa hipsométrico utilizou-se também os dados altimétricos para gerar a grade retangular, que é uma representação matricial onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico. Posteriormente, realizou-se o fatiamento da grade retangular, na qual foram estabelecidos os intervalos das classes hipsométricas de 40 metros. Esses intervalos possibilitaram a identificação da distribuição das altitudes e o percentual de área ocupada por cada intervalo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SOLOS

Os resultados obtidos no levantamento de solos da área da bacia do alto rio Meia-Ponte são similares aos do Projeto RadamBrasil (Novaes et al., 1983), ressaltando-se que houve refinamento cartográfico e maior detalhamento na sua caracterização física e química (Apêndices de A a J). Pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), (Embrapa, 2006) foram identificadas as classes de solos: Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos; Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos.

A ordem dos Argissolos é a mais expressiva, ocupando 53,45% do total (Tabela 3), sempre em locais onde o relevo é mais dissecado. Tais solos estão representados na área por dois Grandes Grupos: Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe) (Apêndices B e D) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe) (Apêndice F), ambos bem drenados e que diferem entre si por cores mais ou menos amareladas. Originam-se de material proveniente da alteração das rochas do Complexo Granulítico Anápolis ó Itauçu.

Os Argissolos são dotados de boa fertilidade natural, mas são muito suscetíveis à erosão, devido à lenta infiltração da água no horizonte B textural. Na unidade PVAe do mapa de solos, essa situação é mais preocupante, porque essa classe ocorre em condição de relevo forte ondulado, às vezes chegando ao relevo montanhoso, com presença de cascalhos, pedregosidade e, ou, rochosidade em seu perfil, fatores, que sem dúvida, aceleram o escoamento superficial e assim aumentam a vulnerabilidade do ambiente à ação da erosão. Ocorrem sempre sob a vegetação original de Floresta Estacional Decidual.

A ordem dos Latossolos é a segunda maior expressão na área da bacia, sendo representada pelas subordens Latossolos Vermelhos (LVd) (Apêndices A e I) e Latossolos Vermelho-Amarelos (LVAd) (Apêndices E e H), ocupando 26,57% do total da área (Tabela 3). São originados do material proveniente da alteração das rochas do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu e de granitóides metamorfizados da Associação Ortognáissica-Migmatítica (Araújo, 1997).

Os Latossolos são solos profundos, bem drenados e muito intemperizados, com baixa fertilidade natural, encontrando-se nas áreas onde o relevo é mais aplanado (suave ondulado e ondulado), sob a vegetação primária de Floresta Estacional Decidual. Apresentam textura argilosa e argilosa cascalhenta. Os solos são pouco suscetíveis à erosão laminar, o que pode ser atribuído às características físicas, favoráveis à boa permeabilidade (Novaes et al., 1983). Na erosão em profundidade, como é o caso das ravinas e voçorocas, esses solos são mais susceptíveis, em razão de apresentarem estrutura granular com fraca atração entre os grãos, fazendo-os muito vulneráveis ao desbarrancamento.

Os Cambissolos estão representados pelos subgrupos Cambissolo Háplico Tb Eutrófico típico (CXbe) (Apêndice G) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (CXbd) (Apêndice J) de acordo como o SiBCS (Embrapa, 2006), constituindo a terceira unidade com maior representatividade na área, ocupando 17,14% do total (Tabela 2). Ocorrem associados aos Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos típicos e Cambissolos Háplicos Distróficos úmbricos. Localizam-se nos relevos mais dissecados da área, onde estão os maiores declives, caracterizados como forte ondulado a montanhoso, com remanescentes da vegetação primária de Floresta Estacional Decidual Montana (Apêndice G). São originados de granitos e granitóides, que compõem a litologia da bacia.

Conforme Oliveira & Calil (2003), a presença de rochas em pequenas profundidades (próximas à superfície), do horizonte B incipiente, e dos declives acentuados, muito comuns na área de estudo, impedem e dificultam a infiltração vertical de água nos solos, caracterizando-os como ambientes de alta vulnerabilidade aos processos erosivos.

Com ocorrência localizada, dentro dos limites da escala de estudo, identificaram-se manchas de Nitossolos Vermelhos (NVe) (Apêndice C), ocupando uma superfície restrita de 1,50%, (Tabela 2). São solos constituídos por material mineral, argilosos, que apresentam horizonte B nítico com argila de atividade baixa conforme SiBCS (Embrapa, 2006). A relação textural não preenche os requisitos para horizonte B textural, sendo normalmente inferior a 1,5. Apresentam elevada saturação por bases, sendo, portanto, solos de alta fertilidade natural.

Os Nitossolos ocorrem associados na área a rochas granulíticas básicas, do tipo granodioritos, anfibolitos, gabros, entre outras. Estão ou foram cobertos por vegetação de Floresta Tropical Subcaducifólia e Caducifólia e atualmente são usados com pastagens. De

uma maneira geral são altamente susceptíveis à erosão, devido à presença do horizonte B nítico no seu perfil e à localização em relevos de topografia movimentada (Oliveira & Calil, 2003). Isso pode constituir uma forte limitação para a mecanização agrícola. Entretanto, a elevada fertilidade natural e as boas condições físicas para o desenvolvimento dos vegetais fazem com que sua exploração com lavouras e emprego de sistemas de manejo pouco agressivos (com manejo primitivo) em pequenas propriedades, possa ser aventada.

A Tabela 2 apresenta a distribuição das classes dos solos, em percentual, por sub-bacias para facilitar a discussão dos resultados.

Tabela 2. Unidades de solos (%)¹ predominantes nas sete sub-bacias da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte

Sub-bacias	PVe	PVAe	CXbe	LVd1	LVd2	LVAd1	LVAd2	LVAd3	NVe
Sb1	2,49	5,12	4,67	-	7,86	0,33	-	-	-
Sb2	15,87	-	1,37	-	-	0,93	-	-	-
Sb3	0,02	5,44	1,22	0,22	2,35	0,46	-	-	-
Sb4	11,78	-	0,79	-	-	-	1,17	-	-
Sb5	2,74	-	2,16	-	0,10	1,17	-	-	0,01
Sb6	0,83	7,80	6,94	2,32	1,04	-	0,68	2,70	1,48
Sb7	1,24	0,12	-	1,36	-	-	3,88	-	-
Total	34,98	18,48	17,14	3,91	11,35	2,89	5,73	2,70	1,50

¹PVe ó Argissolo Vermelho Eutrófico típico; PVAe ó Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico; CXbe ó Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico; LVd ó Latossolo Vermelho distrófico típico; LVAd ó Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; NVe ó Nitossolo Vermelho Eutrófico típico.

A Figura 7 e a Tabela 3 mostram respectivamente, o mapa e a legenda de identificação das unidades de mapeamentos dos solos da bacia estudada.

Figura 7. Mapa de solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

Tabela 3. Legenda de identificação das unidades de mapeamentos dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte

Unidades de mapeamento	Composição	Área %
ARGISSOLOS		
PVe	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado a ondulado. + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado.	34,98
PVAe	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo ondulado a forte ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado.	18,48
CAMBISSOLOS		
CXbe	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo ondulado a forte ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura franco-argiloarenosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado a montanhoso e forte ondulado. (Inclusão de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico, textura indiscriminada cascalhenta e CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico úmbrico, textura média, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado).	17,14
LATOSSOLOS		
LVd1	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo plano e suave ondulado.	3,91
LVd2	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado a ondulado + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado. + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo ondulado a forte ondulado.	11,35
LVAd1	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado a ondulado + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado a ondulado (Inclusão de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta).	2,89
LVAd2	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado a ondulado + ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo forte ondulado a ondulado.	5,73
LVAd3	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado a ondulado (Inclusão de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta).	2,70
NITOSSOLO		
NVe	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical caducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.	1,50
AU	Área Urbana	1,26

4.2 USO E COBERTURA VEGETAL

O uso predominante das terras na área da bacia hidrográfica estudada, considerando o conjunto de atividades agropecuárias com pastagem extensiva, ocupa 55% do total da área (Tabela 4). As forrageiras predominantes são as *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*, havendo também em menor quantidade espécies como o capim Mombaça e Jaraguá. As pastagens ocupam a quase totalidade das áreas de ocorrência dos Argissolos devido às características do relevo com declividades acentuadas dificultando a prática de mecanização. Integrado as pastagens, verificou-se também a ocorrência de agricultura de subsistência com cultivo misto (cana-de-açúcar, milho, mandioca, entre outros), frutícolas e olerícolas (Figura 8).

Tabela 4. Relação dos tipos de cobertura vegetal ocorrentes na área com os tipos de solos predominantes da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte

Tipos de Uso e Cobertura Vegetal	Classes de Solos	Área (km ²)	%
PG - Pastagem			
Predomínio de Pastagem com <i>Brachiaria Brizantha</i> e <i>decumbens</i> , havendo também ocorrência de agricultura de subsistência com cultivos mistos de culturas de cana, milho, mandioca, entre outros.	Argissolos Latossolos	89,61	55,00
VR - Vegetação Remanescente - Floresta Estacional Decidual Montana	Cambissolos	28,33	17,39
R/F - Reflorestamento e/ou Florestamento			
Predomínio de espécies exóticas	Latossolos Argissolos	3,64	2,23
VC - Vegetação de Capoeira	Argissolos Cambissolos	8,46	5,19
AT - Agricultura de Transição			
Predomínio de culturas de grãos (milho, cana, sorgo, feijão) com ocorrência de culturas perenes (banana, laranja, manga, entre outros) e olerícolas	Latossolos Argissolos	8,46	5,19
AM - Agricultura Mecanizada			
Predomínio de cultura de cana	Latossolos	8,93	5,48
MG - Mata Galeria	-	13,60	8,34
AU - Área Urbana	Argissolos	1,91	1,17



Figura 8. Paisagem de agricultura com cultivo misto integrado a pastagens.

Verificou-se que as pastagens da bacia estudada estão na maioria degradadas, isto pode ser devido à falta de manejo adequado e a mentalidade dos produtores que ainda persistem em achar que as pastagens não necessitam ser tratadas como uma cultura e com práticas conservacionistas. Tal descaso propicia o surgimento de vários processos erosivos, tais como constatado na área; ravinamentos, sulcos, escorregamentos e consequentemente assoreamento dos rios (Figura 9).



Figura 9. Paisagem de processos erosivos na nascente do rio Meia Ponte (escorregamento).

A agricultura é o segundo maior tipo de uso constatado na área estudada, com 10,68 % do total (Tabela 4), em duas situações distintas, uma de Agricultura de Transição (AT) e outra de Agricultura Mecanizada (AM) de acordo com caracterização proposta por Socolonski (1999). Conforme esta autora, a agricultura de transição é geralmente de pequenos e médios agricultores familiares e sempre que possível utilizam práticas modernas, às vezes com acompanhamento técnico adequado para o manejo. A agricultura mecanizada é praticada por médios e grandes produtores que empregam técnicas modernas de práticas agrícolas, usando todos os insumos necessários, com acompanhamento técnico adequado especializado e as relações sociais de produção são sempre assalariadas. A agricultura de transição ocorre nas unidades onde há associação de Latossolos e Argissolos com relevo suave ondulado a ondulado. As culturas predominantes são de milho, cana-de-açúcar, sorgo, feijão com ocorrência de algumas culturas perenes como banana, laranja, manga, entre outras e olerícolas. Esta situação é explicada ou pelo menos pode ser atribuída em parte à maior dificuldade de mecanização destas áreas como um todo, impondo a necessidade de cultivos mais localizados e em menores extensões e, ao mesmo tempo à presença de solos de mediana a boa fertilidade natural (Argissolos) que requerem menor aporte de capital e tecnológico, características condizentes com um sistema de manejo intermediário ou semidesenvolvido, segundo Ramalho Filho & Beek (1995).

A agricultura mecanizada ocorre nos Latossolos em condição de relevo plano a suave ondulado, muito propício à mecanização agrícola. O predomínio é de lavoura de cana-de-açúcar, com emprego de modernas tecnologias e uso intensivo de insumos (adubos e defensivos agrícolas). De acordo com Ramalho Filho & Beek (1995), os solos enquadram-se no sistema de manejo desenvolvido ó tecnificado e capitalizado.

Nessas paisagens a vegetação remanescente, denominada Floresta Estacional Decidual Montana, ocupa 17,39% da área (Tabela 4). Restringe-se aos locais de maiores declives, que são as encostas dos relevos residuais (Figura 10). Sob essa vegetação encontram-se as maiores expressões dos Cambissolos associados aos Argissolos e Neossolos. O reflorestamento e, ou, florestamento em áreas contínuas, ocupam 2,23 % da área (Tabela 4), predominando espécies exóticas, como o eucalipto. Identificaram-se, ainda, áreas com vegetação tipo Capoeira, que apresentam composição mista de algumas espécies remanescentes com pastagens plantadas e cultivos de espécies exóticas, (Figura 11).



Figura 10. Paisagem da vegetação remanescente nos relevos residuais.



Figura 11. Paisagem de capoeira com composição mista.

A partir do mapa de hidrografia foi estabelecida a área de proteção permanente (APP) com a delimitação de 30 m a partir das drenagens, de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), resolução nº 303. Mesmo não tendo sido feito o levantamento do índice de vegetação para essas áreas, por meio visual, pode-se perceber que essa margem não está sendo obedecida, conforme mostra a Figura 12. O contingente destas APPs dentro da área de estudo representa 8,34% do total da área.



Figura 12. Paisagem de um córrego que deságua na margem esquerda do córrego Guapeva.

Pela Tabela 4 depreende-se que, com exceção das Matas de Galeria, as reduzidas áreas remanescentes da vegetação original se encontram predominantemente em solos com fortes limitações ao aproveitamento agrícola, como Cambissolos, enquanto que as áreas de agricultura mais intensiva se encontram nos locais aplanados e passíveis de mecanização agrícola, independentemente da fertilidade natural dos solos.

As pastagens são encontradas em praticamente todos os solos como mostra a Figura 13, mas de modo geral, estão sobre os Argissolos, por causa da maior fertilidade natural, além do relevo acidentado e de maiores dificuldades de mecanização.

Figura 13. Mapa de uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

4.3 MORFOMETRIA

A bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte possui no geral o padrão de drenagem do tipo dendrítico e o subdendrítico, não possuindo uma orientação preferencial, exceto quando são observados os canais de primeira e segunda ordens o que sugere um padrão subparalelo, coincidente com as direções dos lineamentos estruturais geológicos. Apesar do padrão de drenagem não ser diagnóstico, verificou-se que as suas características possuem diferenciação significativa com relação à densidade de drenagem em associação com as classes de solos e aos tipos de relevo, como é o caso das áreas de solos que possuem maior permeabilidade como a dos Latossolos onde se verificou menor dissecação do relevo.

A Tabela 5 apresenta as principais características dimensionais das sub-bacias que compõem a bacia hidrográfica do alto do rio Meia Ponte. Observa-se na referida Tabela que as áreas das sub-bacias variaram entre 10,26 km² a 38,85 km², sendo a de menor área a sub-bacia Sb5 e a maior a Sb6. Devido à regularidade no formato das sub-bacias, o perímetro das mesmas acompanhou a tendência das áreas, sendo a de menor e maior perímetro as sub-bacias Sb5 e Sb6, respectivamente.

Tabela 5. Características dimensionais das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Características dimensionais	Unidade	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7
Área da sub-bacia	km ²	33,35	30,56	15,93	23,19	10,26	38,85	10,80
Perímetro	km	30,80	24,22	22,52	28,02	16,10	31,26	16,16
Comprimento do rio principal	km	13,85	8,94	9,14	9,58	5,87	10,60	4,80
Comprimento axial	km	8,60	6,52	8,04	7,97	5,45	8,65	4,41
Somatório dos cursos de água	km	44,07	50,67	24,56	28,04	16,69	50,08	13,45
Somatório das curvas de nível	km	114,34	122,3	54,02	84,99	42,84	141,97	22,62
Número total dos cursos de água	un	34	36	20	17	20	33	8
Total de cursos de 1ª ordem	un	29	31	17	14	16	26	6
Altitude máxima	m	1040	1000	1040	1000	960	1040	920
Altitude mínima	m	840	840	840	800	800	800	800
Hierarquia dos canais	ordem	3 ^a	4 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	4 ^a	2 ^a
Padrão de drenagem	-	Dendrítica						

Com relação aos comprimentos do rio principal e axial das sub-bacias estudadas, há uma tendência que essas dimensões sejam maiores quanto maiores as dimensões das sub-bacias. Verifica-se que, embora a área da sub-bacia Sb1 seja menor do que a Sb6, o comprimento do rio principal foi maior na primeira e, devido à pequena diferença entre os comprimentos axiais das mesmas, o rio principal da sub-bacia Sb1, é

mais sinuoso, o que aumentará o tempo de concentração do escoamento em sua calha, proporcionando cheias nas partes mais baixas da bacia, atenuando a vazão de pico no exutório.

Avaliando apenas a rede de drenagem em relação às dimensões das sub-bacias, verifica-se também uma tendência de nas maiores sub-bacias haver maior comprimento total da rede de drenagem, o que pode ser verificado na Tabela 5 pelo somatório dos cursos de água que compõem a rede de drenagem, sendo as Sb1, Sb2 e Sb6 as que apresentaram a maior quantidade de cursos de água e comprimento total da rede de drenagem. A mesma tendência verificou-se no total de tributários de primeira ordem. Estas tendências podem ser atribuídas à área de captação das chuvas que, associada às classes de solo e ao relevo, permitem que o escoamento superficial gerado escave a rede de drenagem nos pontos de menor resistência à ação cisalhante do escoamento sobre o solo.

O sistema de drenagem da bacia alto do rio Meia Ponte, de acordo com a hierarquia de Strahler, mostrado na Figura 14, apresentou grau de ramificação de quinta ordem. Pela variação das altitudes nas sub-bacias (Tabela 5), pode-se ainda verificar que a Sb7 apresenta menor amplitude, refletindo-se em menores velocidades médias do escoamento superficial sobre os terrenos que, associada à menor área de captação de chuva, proporcionou uma rede de drenagem menos ramificada, de menor ordem. O contrário verifica-se nas sub-bacias Sb2 e Sb6, que apresentam grandes áreas de captação e diferença de nível, proporcionando uma rede de drenagem de maior comprimento total e mais ramificada (quarta ordem). A hierarquia dos canais influencia a vazão do canal principal, quanto maior a ordem maior a vazão.

Figura 14. Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

Com base nas análises dimensionais das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte, apresentadas na Tabela 5, determinaram-se as características morfométricas referentes aos padrões de drenagem analisados, ou seja, o fator de forma (Kf), o coeficiente de compacidade (Kc) e o índice de circularidade (Ic), os índices de frequência da rede de drenagem (Dr) e o coeficiente de manutenção (Cm), sinuosidade do rio principal (Sin), razão de textura (T) e a densidade de drenagem (Dd), apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Características morfométricas referentes a padrão de drenagem das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Sub-bacia	Kc ¹	Kf ²	Ic ³	Dr ⁴	Cm (m ² m ⁻¹) ⁵	Sin ⁶	Dd (km km ⁻²) ⁷	T ⁸
Sb1	1,49	0,45	0,45	1,02	756,75	1,61	1,32	0,94
Sb2	1,23	0,72	0,66	1,18	603,12	1,37	1,66	1,28
Sb3	1,58	0,25	0,40	1,26	648,62	1,14	1,54	0,75
Sb4	1,63	0,37	0,38	0,73	827,03	1,20	1,21	0,50
Sb5	1,41	0,35	0,50	1,95	614,74	1,08	1,63	0,99
Sb6	1,40	0,52	0,51	0,85	775,76	1,23	1,29	0,83
Sb7	1,38	0,55	0,53	0,74	801,49	1,09	1,25	0,37

¹Kc - coeficiente de compacidade; ²Kf - fator de forma; ³Ic - índice de circularidade; ⁴Dr - frequência da rede de drenagem; ⁵Cm - coeficiente de manutenção; ⁶Sin - sinuosidade do rio principal; ⁷Dd - densidade de drenagem; ⁸T - razão de textura.

Dentre as características morfométricas que definem a forma da bacia e sua tendência a grandes cheias foram analisados o fator de forma (Kf), o índice de circularidade (Ic) e o coeficiente de compacidade (Kc). Pelos resultados obtidos, verifica-se, na Tabela 5, que as sub-bacias Sb3, Sb5, Sb4, Sb1 e Sb6 possuem a forma mais alongada e se aproximam da forma retangular e a Sb7 foi a que mais se aproximou da forma quadrada e a Sb2, mais da forma circular. Portanto, de acordo com Villela & Mattos (1975), as sub-bacias Sb7 e Sb2 apresentam maior propensão à ocorrência de cheias em resposta a chuvas de alta intensidade, pois nestas, o tempo de concentração provavelmente será inferior ao das demais, proporcionando menor tempo de pico e, conseqüentemente, maior vazão de pico no exutório. Por outro lado, as sub-bacias com formato retangular podem apresentar picos de cheia com menor intensidade possíveis de ocorrer nas Sb7 e Sb2, quando da ocorrência de chuvas frontais que apresente as características de serem de baixa intensidade, longa duração e cobrir grandes áreas. Neste caso, como toda área da sub-bacia estará contribuindo para o escoamento superficial e devido à longa duração das chuvas, há uma tendência de aumento do escoamento superficial.

Os valores de densidade de drenagem (Dd) encontrados nas sete sub-bacias ficaram inferiores a 2,0, portanto abaixo de 5,0 km.km⁻², que segundo Silva & Melo (2006)

classificaram como bacias de baixa densidade de drenagem. Embora os valores de Dd sejam considerados baixos, o maior valor foi observado na sub-bacia Sb2, na qual há um predomínio de Argissolo Vermelho eutrófico típico (Tabela 2). Esta classe de solo apresenta baixas taxas de infiltração de água e, juntamente com sua condição de ocorrência na paisagem, em relevos mais acidentados, favorece o surgimento do escoamento superficial, condicionando a formação de rede de drenagem mais densa. Esta análise, associada à da forma da bacia, sinaliza para a necessidade de práticas conservacionistas intensas, a fim de se evitar grandes picos de cheia e transporte de sedimentos pelos processos erosivos.

Com relação à razão de textura (T) e de frequência da rede de drenagem (Dr) das sete sub-bacias estudadas, verifica-se na Tabela 6 uma tendência de os maiores valores estarem associados às sub-bacias maiores e com maior rede de drenagem, sendo novamente a Sb2 a de maior número de tributários de primeira ordem e de maior comprimento total dos cursos de água que compõem a sua rede de drenagem. Entretanto, comparando os valores de densidade de drenagem (Dd) com os de razão de textura (T) e da frequência da rede de drenagem (Dr) das sete sub-bacias estudadas, verifica-se que esses índices tendem a aumentar em medida em que o relevo se torna mais movimentado. Dessas observações pode-se inferir que nas sub-bacias Sb2, Sb5 e Sb3 os valores desses coeficientes são altos, devido ao relevo mais dissecado, com topos convexos. Nessas sub-bacias os Argissolos e os Cambissolos são mais representativos e resultam em maior escoamento superficial, contribuindo, portanto, para o aprofundamento dos vales e maior dissecação nas vertentes. Os menores valores de T e Dr observados nas sub-bacias Sb4 e Sb7, com predomínio de Latossolos, ou associação de Latossolos com Argissolos com relevo suave ondulado a ondulado com topos convexos e tabulares; os valores intermediários nas Sb1 e Sb6 devem-se, provavelmente, a maiores taxas de infiltração desses solos em relação aos demais e, conseqüentemente, na redução da formação de canais de escoamento e da Dd, T e Dr.

Os coeficientes de manutenção, que representam a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, aumentam na medida em que o relevo se torna mais plano, mostrando que nas sub-bacias onde há o predomínio dos Argissolos e Cambissolos, os índices são menores que naquelas com predomínio dos Latossolos (Tabela 6). Este comportamento pode ser explicado quando houver a ocorrência de chuvas de grandes intensidades nas áreas planas. O escoamento superficial tende a concentrar-se,

formando fluxos preferenciais e gerando, dessa forma, os canais que compõem a rede de drenagem. No relevo mais acidentado, o escoamento superficial tende a seguir a declividade natural do terreno escavando o solo nos pontos de menor resistência ao cisalhamento, proporcionando uma maior concentração de canais naturais e por sua vez uma maior densidade de drenagem.

Com exceção da sub-bacia Sb1, os índices de sinuosidade do rio principal (Sin) foram inferiores a 1,5, que, segundo Christofolletti (1980), evidenciam tendência para canais retilíneos, o que está de acordo com a análise feita anteriormente acerca dos comprimentos do rio principal e axial na área da sub-bacia Sb1. Portanto, o curso principal da sub-bacia Sb1 pode ser classificado como sinuoso o que tende a aumentar o tempo de concentração em sua calha, reduzindo o pico de cheia na bacia.

A Tabela 7 apresenta as características morfométricas relativas ao relevo das sub-bacias do alto rio Meia Ponte, ou seja, declividade média da bacia (H), amplitude altimétrica da bacia (Hm), relação do relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir) e coeficiente de rugosidade (CR). Observa-se que, para todas as sub-bacias, a declividade média foi inferior a 17%, com o menor valor correspondente à Sb7, classificado de acordo com metodologia constante em Oliveira (2007), como relevo suave ondulado; nas demais o relevo pode ser classificado como ondulado (Figura 15). Nesta bacia observa-se um menor desenvolvimento do relevo associado a um menor comprimento das curvas de nível em relação a sua área (Tabela 5). O contrário se verifica para as sub-bacias Sb5 e Sb2, em que se observa um relevo mais desenvolvido com um maior comprimento das curvas de nível em relação as suas áreas (Tabela 5). As declividades mais acentuadas são observadas na região das nascentes, tornando-se mais suaves na proximidade da foz (Figura 16).

Tabela 7. Características do relevo das sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Sub-bacia	H (%) ¹	Hm (m) ²	Rr (m km ⁻¹) ³	Ir ⁴	CR ⁵
Sb1	13,71	200	14,44	264,29	18,12
Sb2	16,01	160	17,90	265,29	26,54
Sb3	13,56	200	21,88	308,35	20,91
Sb4	14,66	200	20,88	241,83	17,73
Sb5	16,70	160	27,26	260,27	27,17
Sb6	14,62	240	22,64	309,37	18,84
Sb7	8,39	120	25,00	149,72	10,47

¹H ó declividade média; ²Hm ó amplitude altimétrica; ³Rr ó relação do relevo; ⁴Ir ó índice de rugosidade;

⁵CR ó coeficiente de rugosidade.

Figura 15. Classes de declividade da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

Figura 16. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

A amplitude altimétrica da bacia varia de 120 m a 240 m, sendo o menor valor observado para a sub-bacia Sb7, onde o relevo é caracterizado como suave ondulado, concordando com o índice de declividade média. Na sub-bacia Sb6 essa amplitude é maior, implicando em grande diferencial entre a altitude nas partes altas da bacia e no exutório, aumentando a velocidade média do escoamento na calha do rio, associada à baixa sinuosidade do mesmo, implicando em menor tempo de concentração. Ainda, relacionado à amplitude altimétrica da bacia, espera-se um maior efeito orográfico no processo de formação das chuvas na sub-bacia Sb6, seguida das Sb1, Sb3 e Sb4, por apresentarem altitudes máximas variando entre 1000 m a 1040 m (Tabela 5).

Pelos valores encontrados das relações dos relevos (Tabela 7), verifica-se que, as sub-bacias Sb5 e Sb7 embora tenham menores amplitudes altimétricas com relação às demais, foram as que apresentaram maiores valores de R_r , devido aos menores comprimentos de seus rios principais, tendo uma resposta mais rápida na propagação de uma cheia no seu exutório. Para a sub-bacia Sb5 a relação de relevo acompanhou a tendência da declividade média da bacia, o mesmo não se verificou para a Sb7.

Analisando os índices de rugosidade (I_r), verifica-se na Tabela 7 que os maiores valores foram encontrados para as sub-bacias Sb3 e Sb6 que, segundo Castro & Carvalho (2009), implica em relevo mais colinoso e dissecado, o que pode ser verificado pela maior amplitude altimétrica entre as bacias analisadas e canais mais entalhados, conferindo baixa densidade de drenagem. Para as sub-bacias Sb1, Sb2, Sb4 e Sb5 que apresentaram valores aproximados de amplitude altimétrica, os índices de rugosidade variaram com a densidade de drenagem. Com o aumento da D_d o valor da distância horizontal média entre a linha divisória entre as bacias e os canais adjacentes é reduzido, aumentando a declividade da vertente e diminuindo o percurso médio do escoamento superficial sobre os terrenos dessas sub-bacias. A sub-bacia Sb7, devido à sua menor amplitude altimétrica entre as bacias analisadas e baixa densidade de drenagem, foi a que apresentou o menor índice de rugosidade.

Com base nos parâmetros dimensionais das sub-bacias apresentadas na Tabela 5, calcularam-se os quadrados médios das razões entre os parâmetros lineares (R_m^2) e as razões das áreas entre duas bacias (A/A_0), permitindo assim a análise de semelhança entre as sub-bacias (Tabela 8). Foram realizadas 21 combinações, analisando R_m^2 e A/A_0 para os pares de sub-bacias. Com exceção das sub-bacias Sb5 e Sb6, analisadas conjuntamente,

as demais combinações permitem dizer que há semelhança geométrica, o que pode ser visualizado na Figura 17 pela proximidade da linha 1:1.

Tabela 8. Análise de semelhança entre as sub-bacias do alto rio Meia Ponte

Sb1			Sb2			Sb3		
Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²	Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²	Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²
Sb2	0,92	0,83	Sb3	0,52	0,67	Sb4	1,46	1,39
Sb3	0,48	0,46	Sb4	0,76	0,86	Sb5	0,64	0,54
Sb4	0,7	0,61	Sb5	0,34	0,33	Sb6	2,44	2,52
Sb5	0,31	0,24	Sb6	1,27	1,32	Sb7	0,68	0,51
Sb6	1,16	1,03	Sb7	0,35	0,28	-	-	-
Sb7	0,32	0,22	-	-	-	-	-	-

Sb4			Sb5			Sb6		
Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²	Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²	Sub-bacias	A/A ϕ	Rm ²
Sb5	0,44	0,39	Sb6	3,79	4,6	Sb7	0,28	0,21
Sb6	1,68	1,76	Sb7	1,05	0,9	-	-	-
Sb7	0,46	0,35	-	-	-	-	-	-

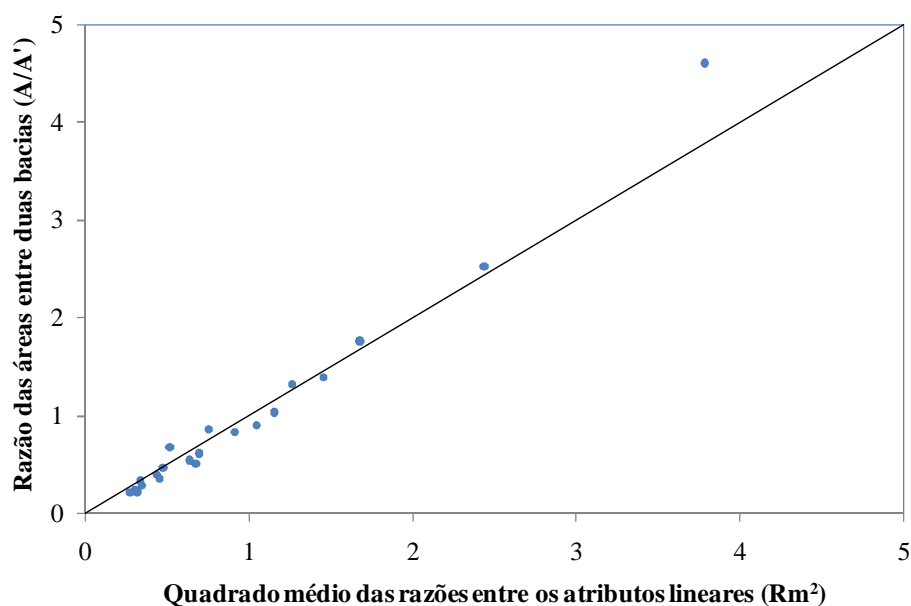


Figura 17. Relação entre a razão das áreas das sub-bacias (A/A ϕ) e o quadrado das razões entre os parâmetros lineares (Rm²).

As posições convencionais de classes de exposição do terreno (oito pontos cardinais mais destacados) são apresentadas na Figura 18, junto com o valor em graus atribuído a cada uma. Como pode ser visto na Tabela 9 a bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte possui relevo com orientação das vertentes bem distribuídas.

As vertentes expostas a leste são predominantes na área da bacia com 14,85% e as vertentes expostas a sul com a menor frequência de ocorrência com 11,03%, são, portanto, as que tendem a receber menor incidência dos raios solares e consequentemente, a serem mais frias e úmidas.

Tabela 9. Percentual das classes de exposição das vertentes da bacia hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Classes de Exposição	Direção	Área (km ²)	Área (%)
0° ó 45°	Norte	18,30	11,28
45° - 90°	Nordeste	21,08	12,79
90° - 135°	Leste	23,88	14,85
135° - 180°	Sudeste	22,19	13,56
180° - 225°	Sul	17,33	11,03
225° - 270°	Sudoeste	19,09	11,56
270° - 315°	Oeste	21,08	13,29
315° - 360°	Noroeste	19,35	11,64

A Tabela 10 apresenta os percentuais de classes de uso e cobertura vegetal, bem como a classificação das sub-bacias do alto rio Meia Ponte com relação ao uso potencial das terras. A classificação foi efetuada com base no coeficiente de rugosidade (Figura 19), sendo o menor valor de CR atribuído à classe A com terras aptas à agricultura e o maior valor atribuído a classe D com terras apropriadas ao reflorestamento, conforme proposto por Rocha (1997). As demais classes foram enquadradas em B para terras adequadas à pecuária, e C para terras apropriadas para pecuária e reflorestamento.

Tabela 10. Unidades de uso e cobertura vegetal (%) e classificação do uso potencial em função do coeficiente de rugosidade das sub-bacias da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte

Sub-bacias	CR ¹	Potencial de Uso	Uso e Cobertura Vegetal (%) ²						
			PG	VR	R/F	VC	AT	AM	AU
Sb1	B	Pecuária	9,32	4,34	0,25	2,61	2,33	-	-
Sb2	D	Floresta	13,86	1,77	0,18	0,23	0,29	-	0,56
Sb3	C	Pecuária e Floresta	7,20	1,13	-	0,32	0,20	-	0,04
Sb4	B	Pecuária	9,64	1,36	1,10	0,37	0,30	-	0,44
Sb5	D	Floresta	3,45	1,29	0,17	0,64	0,00	-	0,13
Sb6	C	Pecuária e Floresta	9,48	6,78	0,23	0,56	1,36	3,60	-
Sb7	A	Agricultura	2,04	0,72	0,30	0,46	0,73	1,88	-
Total	-	-	55,00	17,39	2,23	5,19	5,19	5,48	1,17

¹CR ó Coeficiente de Rugosidade; ²PG ó Pastagem; VR ó Vegetação Remanescente; R/F ó Reflorestamento e/ou Florestamento; VC ó Vegetação de Capoeira; AT ó Agricultura de Transição; AM ó Agricultura Mecanizada; AU- área urbana.

Figura 18. Mapa de orientação das vertentes da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte.

Figura 19. Mapa do potencial de uso da terra de acordo com o coeficiente de rugosidade.

Para facilitar a comparação fizeram-se a distribuição das unidades de mapeamento dos solos (Tabela 2), e do uso e cobertura vegetal com o uso potencial das terras, ambas por sub-bacias (Tabela 10).

A Tabela 11 mostra a declividade calculada em percentual para cada sub-bacia para a comparação com o percentual de classes de solo e uso e cobertura vegetal. Verifica-se na Figura 19 que apenas a sub-bacia Sb7 enquadra-se na classe A, com aptidão para a agricultura de acordo com CR. Apresenta relevo plano a suave ondulado (Tabela 11) e declividade média de 8,39%. De acordo com a Tabela 10 seu uso está distribuído com pastagem na unidade de mapeamento LVAd2 onde o tipo de relevo passa de suave ondulado a ondulado, e na unidade LVd1 com agricultura mecanizada, onde o relevo é tido como plano, em conformidade com a classificação do relevo contida em Oliveira (2007). A sub-bacia Sb7 é a que apresenta menor risco de enchentes e é mais fácil controle da erosão hídrica, pois é pressuposto maior infiltração da água no solo (recarga do lençol freático) e menor assoreamento. Como essa sub-bacia possui o segundo maior valor de Rr, devido ao menor comprimento de seu rio principal, certamente haverá resposta mais rápida na propagação de uma cheia no seu exutório, não dispensando, por conseguinte, cuidados com práticas conservacionistas e manutenção da cobertura vegetal.

Tabela 11. Classes de declividades das Sub-bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Declividades	Relevo	Sub-bacias (%)							Total
		Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	
0 - 3 %	Plano	7,11	5,62	3,51	4,32	1,82	7,83	3,02	33,22
3 - 8 %	Suave Ondulado	3,13	3,21	1,85	2,63	0,95	4,16	2,08	18,00
8 - 20 %	Ondulado	7,70	7,69	3,01	6,11	2,32	7,70	1,46	36,00
20 - 45 %	Forte Ondulado	2,39	2,18	1,35	1,10	1,14	3,97	0,06	12,20
45 - 75 %	Montanhoso	0,14	0,06	0,06	0,02	0,07	0,18	0,01	0,54
> 75 %	Escarpado	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04

As sub-bacias Sb2 e Sb5 possuem relevo mais acidentado, com as mais altas declividades médias para a área estudada, de 16,01% e 16,70%, e altas densidades de drenagem 1,66 e 1,63, respectivamente. As duas sub-bacias são muito semelhantes, pois nelas predominam as unidades de solos PVe seguidas da unidade de CXbe (Tabela 2). O uso predominante é com pastagem, restando apenas 2,18% e 2,10%, respectivamente, com cobertura de vegetação remanescente, florestamento e, ou, reflorestamento e capoeira, e situam-se nas unidades geomorfológicas c32, com formas do relevo com topos convexos (Figura 3), imprimindo uma forte energia do relevo. São, portanto, mais vulneráveis aos

processos erosivos e necessitam de práticas conservacionistas mais intensivas. O uso potencial mais indicado, de acordo com o CR, é classe D para manutenção de florestas remanescentes e reflorestamento (Figura 19).

As sub-bacias Sb1 e Sb4, baseadas no CR enquadram-se na classe B, indicando potencial de uso das terras com pecuária (Figura 19). Nessas bacias há predominância das classes de Argissolos representados pela unidade PVe nas duas sub-bacias e PVAe apenas na Sb1, seguida dos Cambissolos através da unidade CXbe e dos Latossolos, pelas unidades LVd2 e LVAd1 na Sb1 e LVAd2, em menor expressão, na Sb4. Nas sub-bacias Sb1 e Sb4 são verificadas quase todas as classes de declividade, sendo que os tipos de relevo de maior ocorrência são o plano e o ondulado (Tabela 11). Praticamente todas as classes de uso encontram-se nessas sub-bacias, mesmo que em pequenas porcentagens, à exceção da agricultura mecanizada (Tabela 10).

A pastagem é predominante nas duas sub-bacias, seguida da vegetação remanescente e da agricultura de transição na Sb1. Os altos coeficientes de rugosidade e amplitudes altimétricas e as baixas densidades de drenagem destas sub-bacias, dentre as analisadas, favorecem o aumento da velocidade média e do volume do escoamento superficial principalmente nos Cambissolos e Argissolos, contribuindo para dotá-las de alta vulnerabilidade à erosão, sobretudo na ausência de cobertura vegetal.

Nas sub-bacias Sb3 e Sb6, os usos prioritários apontam para a exploração com pecuária e florestas e, com base no CR, enquadram-se na classe C (Figura 19). A amplitude altimétrica varia de 200 m a 240 m, com o maior valor na sub-bacia Sb6, implicando em grande diferencial entre a altitude nas partes altas da bacia e o exutório. A baixa sinuosidade do rio principal implica em menor tempo de concentração e maior suscetibilidade à erosão. Na Sb6, os Cambissolos estão associados às formas aguçadas do relevo nas nascentes, com escarpas íngremes e declividades superiores a 45%, e estão apenas parcialmente recobertos com a vegetação remanescente (Tabela 10). Os Argissolos localizam-se na média vertente, com relevo ondulado a forte ondulado, explorados por pastagens; os Latossolos e o Nitossolo posicionam-se na baixa vertente, onde o relevo é plano a suave ondulado, com agricultura mecanizada. Já na Sb3 o inverso foi observado com a presença da unidade dos LVd2 na nascente do rio principal e os CXbe na baixa vertente.

4.4 RESULTADOS FINAIS

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que o coeficiente de rugosidade - CR, obtido pelo produto da densidade de drenagem pela declividade média, sua classificação tende a uma generalização do indicativo de uso do solo para toda a área da sub-bacia, consequentemente, restringindo sobremaneira a aptidão das terras.

As áreas anteriormente classificadas com relação à sua aptidão agrícola baseadas apenas no CR foram reclassificadas por meio de um refinamento no julgamento feito com base em material produzido pelo cruzamento das classes de solos (Tabela 2) com a declividade (Tabela 11) e o coeficiente de rugosidade, possibilitando uma melhor classificação das áreas, o que levou a um aumento da área apta à agricultura (Tabela 12).

Tabela 12. Reclassificação das áreas das sub-bacias hidrográficas pelo refinamento obtido pelo cruzamento do coeficiente de rugosidade com as classes de solos e as declividades das bacias hidrográficas do alto rio Meia Ponte

Classes de Uso	Uso	Sub-bacias	Coeficiente de Rugosidade (CR)		Refinamento	
			Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
A	Agricultura	Sb7	10,78	6,62	72,98	44,80
B	Pecuária	Sb1 e Sb4	56,54	34,70	55,65	34,16
C	Pecuária e Floresta	Sb3 e Sb6	54,78	33,62	9,94	6,10
D	Floresta	Sb2 e Sb5	40,82	25,06	22,66	13,91
-	Área Urbana	-	-	-	1,69	1,04

Pode-se observar pelas informações contidas na Tabela 12, que as terras da classe A contidas na Sb7, que antes representavam apenas 6,67% da área da bacia, passaram a representar 44,80% da mesma, após o refinamento do julgamento conseguido com a introdução de parâmetros de solos e declividade do terreno, associado ao CR.

Este aumento foi possível pela técnica do cruzamento das informações, que possibilitou identificar e separar novas áreas com características de solos e topografia favoráveis ao uso com agricultura, que na maioria das vezes se localizam nos topos aplainados e nas vertentes baixas da bacia hidrográfica do alto Meia Ponte, onde o relevo varia de 0 a 8%, com predomínio dos Latossolos (Figura 20).

Figura 20. Mapa de cruzamento do coeficiente de rugosidade com o solo e a declividade.

As áreas classificadas de acordo com o CR como aptas à pecuária e floresta (Sb3 e Sb6) e apenas para floresta (Sb2 e Sb5), com predominância das classes dos Cambissolos, de associações de Cambissolos com Neossolos Litólicos e Argissolos e declividades superiores a 20%, somavam juntas 58,68% da área total com base no julgamento pelo CR, por sua vez ficaram restritas a apenas 20,01% da área da bacia hidrográfica, após a reclassificação efetuada pelo cruzamento das informações.

As áreas da bacia hidrográfica com declividade entre 8 a 20%, com predomínio dos Argissolos, localizados em sua maioria nas vertentes das sub-bacias Sb1 e Sb4, foram classificadas de acordo com o CR como aptas a pastagens, representando 33,79% da área, sofreu um pequeno aumento de 0,37% com o refinamento das informações, sendo, portanto, a única classe que manteve o indicativo do potencial de uso.

5 CONCLUSÕES

Em função do objetivo proposto neste trabalho, foi possível concluir que:

- i. é possível avaliar o uso potencial das terras com base no coeficiente de rugosidade, como pré-diagnóstico, de ser de baixo custo e de fácil obtenção das informações.
- ii. a análise dos atributos morfométricos revelou-se de grande importância por fornecer elementos que indiretamente possibilitam inferir algumas características dos solos e do ambiente físico, determinantes da potencialidade as terras.
- iii. a partir do levantamento dos solos associado aos índices do coeficiente de rugosidade e as declividades médias. foi possível estimar as áreas aptas às mais diferentes atividades de exploração e as áreas mais vulneráveis à degradação ambiental, que devem ser destinadas à preservação, com a manutenção e/ou plantio de florestas.
- iv. pelo refinamento das informações foi possível detectar uma tendência de aumento das áreas aptas aos cultivos, desde que sejam tomadas medidas preventivas quanto à potencial degradação do solo.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. A. **Programa levantamento geológicos básicos do Brasil- PLGB**: folha SE. 22-X-B-I - Nerópolis. Brasília: CPRM, 1994. 98 p.

ARAÚJO, V. A. **Programa levantamento geológicos básicos do Brasil- PLGB**: folha SE.22-X-A-III- Itaberaí. Brasília: CPRM, 1997. 83 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 360 p.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de Janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos: Brasília, 2002. p. 23-42.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOETELHO R. G. M. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-300.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. S. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, New York, v.20, n.3, p. 395-403, mai. 1996.

CAMPOS, S. **Diagnóstico físico-conservacionista da bacia do rio Lavapés ó Botucatu - SP**. 1997. 140 f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

CARVALHO, W. A.; FRANÇA, G. V.; CURI, P. R. Aplicações de análise multivariada na discriminação de unidades de solo, mediante parâmetro morfométricos de bacias hidrográficas em Botucatu- SP. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.14, n. 2, p. 195-203, mar. 1990.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1994. 137 p.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turco-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v.5, n.2, 2009. Disponível em: <<http://www.scientiaplenu.org.br>>. Acesso em: 21 maio 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Bluncher. 1980. 179 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher. 1999. 236 p.

DEMATTE, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Fotointerpretação de padrões de drenagem das bacias hidrográficas na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no Estado do Paraná. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p. 569-577, mai. 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 367p.

FAO. A framework for land evaluation. **FAO Soil Bulletin**, Roma n. 32, 72 p.1976.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 07-38.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151f. Tese (Doutorado) ó Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1968.

FREITAS, P. L.; KERR, J. C. As pesquisas em microbacias hidrográficas: situação atual, entraves e perspectivas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8. 1990, Londrina. **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1996. p. 43-57.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. F. **Drainage basin form and process a geomorphological approach**. New York: John-Wiley & Sons, 1973. 456 p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000. 372p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005. 340 p.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, Colorado, v. 56, n. 3, p. 275-370, mar. 1945.

IBGE. **Climas do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério do planejamento, orçamento e gestão; Diretoria de Geociências. 1978. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default-prod.shtm>>. Acesso em: 10 maio 2009.

LACERDA FILHO, J. V. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil-PLGB: folha SE.22-X-B-VI**. Caraíba. Goiânia: CPRM/DNPM, 1994. 149 p.

LANA, C. L.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, abr. 2001.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZI JR, R.; BERTOLINI, D.; SPINDOLA, C. R.(Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4º aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. 242 p.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 245 p.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; MOUSINHO, P. (Org.). **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Thex, 1999. 247 p.

MAGNAGO, H.; SILVA, M. T. M.; FONZAR, B. C.; OLIVEIRA FILHO, L. C. Vegetação. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL Folha SE.22-Goiânia**: Levantamento de recursos naturais, 31. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. p. 577-636.

MAMEDE, L.; ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M.; NASCIMENTO, M. A. L. S. Geomorfologia. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL Folha SE.22 -Goiânia**: Levantamento de recursos naturais, 31. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. p. 349-412.

MELLO FILHO, J. A. **Direcionamento da ocupação da terra, pelo diagnóstico físico-conservacionista, das microbacias hidrográficas dos rios Alambari e Sesmaria, em Resende- RJ**. 1992. 50 f. Monografia (Especialização) ó Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

MIRANDA, E. E.; OMETTO, A. R.; CARVALHO, C. A.; QUARTAROLI, C. F.; RODRIGUES, C. A. G.; CRISCUOLO, C.; BACCI, D. C.; GOMES, E. G.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; MIRANDA, J. R.; GUIMARÃES, M.; HOTT, M. C.; ALENCAR, M. C. F.; ZUCCARI, M. L.; BERGAMASCHI, M.; OSHIRO O. T.; FERREIRA, W. P. M. **Sistema de gestão territorial para a ABAG/RP**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

NOVAES, A. S. S.; AMARAL FILHO, Z. P.; VIEIRA, P. C.; FRAGA, A. G. C. Pedologia. In: BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL Folha SE.22- Goiânia**: levantamento de recursos naturais, 31. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. p. 413-576.

OLIVEIRA, V. A.(Org.). **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p.

OLIVEIRA, V. A.; CALIL, P. M. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos, avaliação da aptidão agrícola e uso atual das terras da bacia de drenagem do córrego das Pedras e do ribeirão Jurubatuba no estado de Goiás**. In: Projeto proteção e conservação da bacia do rio Meia Ponte a montante de Goiânia no estado de Goiás. Goiânia: Semarh/Agênciarural, 2003. p. 01-142.

PEREIRA FILHO, W. **Capacidade de uso da terra em função do coeficiente de rugosidade**. 1986. 48 f. Monografia (Especialização em Agronomia) ó Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.

PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT- Brasil. **Geoambiente online**, Jataí, n. 4, p. 38-53, nov. 2005.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal -SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 297-305, mar. 2004.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1995. 65 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: bases para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 2007. 322 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.

ROCHA, J. S. M.; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/CCR, 2001. 120 p.

ROMÃO, P. A. **Modelagem de terreno com base na morfometria e em sondagens geotécnicas região de Goiânia - GO**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 2007. 85 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at perth amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, Colorado, v. 67, n. 5, p. 597-646, set. 1956.

SEPLAN, 2008. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás **Perfil socioeconômico dos municípios goianos**. Goiânia, 2005. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br>>. Acesso em 02 de nov.2008.

SILVA, A. M.; MELO, C. R. **Bacias hidrográficas**. 2006. Disponível em: <<http://deg.ufla.br/Irriga/Disciplinas/Eng20170/BACIASHIDROGRAFICAS.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2009.

SILVA, F. B.; CARVALHO, W. A. Discriminação de solos por interpretação fotográfica da rede de drenagem. **Holos Enviromnent**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 65-86, jul. 2002.

SILVA, S. C.; SANTANA, N. M. P.; PELEGRINI, J. C. **Caracterização climática do Estado de Goiás**. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração, 2006. 133 p.

SOCOLONSKI, H. H. (Coord.). **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 58 p.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, New Harven, v. 38, n. 6, p. 913-920, dez. 1957.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) ó Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

USDA. **Soil survey manual**: USDA Agriculture Handbook, 18. Whashington: Departament of Agriculture, Soil Conservation Service, Soil Survey Staff. 1951. 503 p.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a. p. 73-104.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008b. 44 p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/topodata/documentos.php>>. Acesso em: 25 jun. 2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

APÊNDICES

Apêndice A. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 1.	83
Apêndice B. Fotos, descrição morfológica e analítica do Perfil 2.	86
Apêndice C. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 3.	89
Apêndice D. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 4.	92
Apêndice E. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 5.	95
Apêndice F. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 6.....	98
Apêndice G. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 7.	101
Apêndice H. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da Amostra Extra 1.	104
Apêndice I. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da Amostra Extra 2.....	107
Apêndice J. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da amostra extra 3.....	110

Apêndice A. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 1.



LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico - Perfil 1 ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 1

Apêndice A. (Continuação)

DATA - 22/02/2009

CLASSIFICAÇÃO ó LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado a ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó LVd

LOCALIZAÇÃO ó Estrada Itauçu ó Taquaral. Coordenadas UTM 22K ó 654.810 / 8214.324.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço médio de grande pendente com 3 a 4% de declive, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Paraderivados (APIgaip). Material proveniente da alteração de rochas locais com provável retrabalhamento.

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Suave ondulado.

REGIONAL ó Ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Não aparente.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem de capim Brachiaria Decumbens.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0-10 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argiloarenosa; fraca muito pequena granular; macia, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 10 - 30 cm; vermelho (2,5 YR 4/6); argiloarenosa; fraca muito pequena granular; macia, friável; ligeiramente plástica; transição plana e gradual.

Bw₁ ó 30 ó 75 cm; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); argiloarenosa; muito pequena granular; macia, friável; ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e difusa.

Bw₂ - 75 - 150 cm+; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); argiloarenosa; forte muito pequena granular; macia, friável; ligeiramente plástica e pegajosa.

Raízes: Abundantes e finas no Ap, e poucas e finas nos demais horizontes.

Apêndice A. (Continuação)

Perfil 1 - LVd													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)						Grau de Floculação (g/100g)		Silte Argila			
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							
Ap	0-10	250	300	60	390	210		46					0,15
BA	10-30	240	280	70	410	280		32					0,17
Bw1	30-75	190	330	50	430	290		33					0,12
Bw2	75-150+	220	270	70	440	100		77					0,16

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)							Saturação por Alumínio (m%) 100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S	Saturação por Sódio (Na %) / 100 Na / T
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ²⁺	Na ²⁺	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)		
1,0	0,4	0,09		1,5	5,29	28,17		
0,8	0,3	0,05		1,2	4,75	24,21		
0,5	0,3	0,04		0,8	5,64	14,89		
0,5	0,3	0,03		0,8	3,53	23,51		

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
4,9	4,2	3,4	0,4	16,8		29,0		1,0	
5,1	4,2	3,3	0,3	11,6		20,0		0,8	
5,3	4,5	4,6	0,2	10,4		18,0		0,5	
5,4	4,6	2,7	0,0	7,0		12,0		0,3	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ / R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								1,5					
								0,2					
								0,4					
								0,2					

Apêndice B. Fotos, descrição morfológica e analítica do Perfil 2.



ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico ó Perfil 2- Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 2

Apêndice B. (Continuação)

DATA - 08/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura média/argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado a ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó PVe

LOCALIZAÇÃO ó Lado esquerdo da estrada Itauçu ó Ordália, margem do córrego Maria da Silva. Coordenadas UTM 22K ó 645.330 / 8209.390.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço inferior da pendente com 8 a 12% de declive, sob pastagem de brachiaria.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Paraderivados (APIgaip). Material proveniente da alteração de rochas locais com provável retrabalhamento.

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Forte ondulado.

REGIONAL ó Ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Não aparente.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem de capim brachiaria decumbens.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0-18 cm; cinzento-avermelhado-escuro (5 YR 4/2, seco) e cinzento muito escuro (5 YR 3/1, úmido); franco-argiloarenosa/argiloarenosa; moderada a forte, média, blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e fraca; ligeiramente dura, firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

AB - 18 - 38 cm; bruno-avermelhado (5 YR 4/3); argiloarenosa; forte, média, blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, muito firme; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ ó 38 ó 80 cm; bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4); argila; forte, média e blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura e muito firme; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 80 - 150 cm+; vermelho (2,5 YR 5/6); argila; forte, média, blocos subangulares; cerosidade comum e moderada; ligeiramente dura e firme; muito plástica e muito pegajosa.

Raízes: Abundantes e finas no A, e poucas e finas nos demais horizontes.

Apêndice B. (Continuação)

Perfil 2 - PVe													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)						Grau de Floculação (g/100g)					
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							Silte Argila
Ap	0-18	320	260	70	350	190		46					0,20
BA	18-38	300	250	50	400	270		33					0,13
Bt1	38-80	280	180	60	480	130		73					0,13
Bt2	80-150+	170	280	50	500	0,0		100					0,10

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por Sódio (Na %)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Soma de Bases (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T			100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S	100 Na / T
6,8	0,7	0,12		7,6	12,22	62,36					
6,0	0,7	0,09		6,8	9,49	71,55					
6,3	0,5	0,07		4,7	6,47	72,18					
6,4	0,4	0,06		3,4	4,86	69,14					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
5,9	4,7	4,6	0,0	20,3		35,0		1,8	
6,0	5,0	2,7	0,0	12,8		22,0		0,8	
6,3	5,1	1,8	0,0	5,2		9,0		0,8	
6,4	5,5	1,5	0,0	3,5		6,0		0,5	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ / R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								1,0					
								0,7					
								0,5					
								0,4					

Apêndice C. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 3.



NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico- Perfil 3 ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 3

Apêndice C. (Continuação)

DATA - 08/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado e ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó NVe

LOCALIZAÇÃO ó Estrada as margens do córrego Guapeva, km 4, lado direito. Coordenadas UTM 22K ó 653.427 / 8208.539.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço inferior da pendente com 4 a 8% de declive, sob culturas de sorgo, milho e banana.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Granitóides ó Associação Ortognáissica.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Constituídos por ortognaisses (API).

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Suave ondulado.

REGIONAL ó Ondulado e suave ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Moderada.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Agricultura.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0-12 cm; vermelho (5 YR 4/6, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argiloarenosa; moderada, pequena, grão simples; cerosidade pouca e moderada; dura e firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 12 - 33 cm; bruno-avermelhado (5 YR 4/4); argila; forte, média, blocos angulares; cerosidade pouca e moderada; dura, firme; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ ó 33 ó 70 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6); argila; forte, média e blocos angulares; cerosidade abundante e moderada; dura e firme; muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 70 - 110 cm+; vermelho-amarelado (2,5 YR 5/6); muito argilosa; forte, média, e blocos angulares; cerosidade abundante e forte; dura e firme; muito plástica e muito pegajosa.

Raízes: Abundantes e finas no A, e poucas e finas nos demais horizontes.

Apêndice C. (Continuação)

Perfil 3 - NVe													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							
Ap	0-12	210	320	70	400	280	30		0,18				
BA	12-33	140	250	80	530	300	43		0,15				
Bt1	33-70	100	260	50	590	270	54		0,08				
Bt2	70-110+	80	250	40	630	0,0	100		0,06				

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por Sódio (Na %)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T		100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S		100 Na / T
3,4	0,6	0,11		4,1	8,21	50,06					
2,7	0,4	0,22		3,3	6,52	50,92					
2,4	0,4	0,05		2,8	5,25	54,29					
2,2	0,5	0,03		2,7	4,43	61,63					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
5,6	4,4	4,0	0,1	20,3		35,0		1,5	
5,9	4,6	3,1	0,1	14,5		25,0		1,2	
5,9	4,9	2,4	0,0	10,4		18,0		0,8	
6,1	5,6	1,7	0,0	5,8		10,0		0,8	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								1,5					
								34,1					
								0,5					
								1,0					

Apêndice D. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 4.



ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico- Perfil 4 ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 4

Apêndice D. (Continuação)

DATA - 08/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta/argilosa, A moderado, relevo forte ondulado, fase floresta tropical subcaducifólia.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó PVe

LOCALIZAÇÃO ó Estrada as margens do córrego Guapeva km 8 lado direito, fazenda do Cajamanga. Coordenadas UTM 22 K ó 654.803 / 8211.317.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço superior da pendente com 20 a 45% de declive, sob Floresta.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis - Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Associação de Ortogranulitos (APIgaio).

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Forte ondulado.

REGIONAL ó Forte ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Moderada.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Floresta para Pastagem com capim mombaça.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap ó 0 - 20 cm; bruno-avermelhado (5 YR 4/3, seco) e bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmido); argiloarenosa, cascalhenta; moderada, pequena, média, blocos subangulares; dura, firme; plástica e pegajosa; transição plana e clara.

AB - 20 - 60 cm; vermelho (2,5 YR 5/6); argila muito cascalhenta; moderado, pequena, média, blocos angulares e subangulares; dura, firme; muito plástica e muito pegajosa; transição ondulada e gradual .

Bt₁ ó 60 ó 85 cm; vermelho (2,5 YR 5/6); argila pouco cascalhenta; moderado, pequena, média, blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca, dura e firme; plástica, muito plástica e pegajosa e muito pegajosa; transição ondulada e gradual.

Bt₂ - 85 - 130 cm+; vermelho (2,5 YR 5/6); argila; moderado, média, blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e comum, ligeiramente dura e firme; plástica, muito plástica e pegajosa e muito pegajosa, transição ondulada e gradual.

Raízes: muitas e finas no Ap, e poucas e finas nos demais horizontes.

Apêndice D. (Continuação)

Perfil 4 - PVe													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							
Ap	0-20	260	210	60	470	280	40						
B	20-60	240	150	60	550	0,0	100						
Bt1	60-85	200	180	60	560	0,0	100						
Bt2	85-130+	180	180	50	550	0,0	100						

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por Sódio (Na %)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T		100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S		100 Na / T
5,3	0,9	0,12		6,3	10,62	59,51					
3,3	0,6	0,07		4,0	5,67	70,02					
2,8	0,6	0,04		3,4	5,04	68,25					
2,3	0,5	0,04		2,8	4,84	58,68					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
5,9	4,8	4,2	0,1	20,3		35,0		2,1	
6,3	5,3	1,7	0,0	5,8		10,0		1,8	
6,2	5,8	1,6	0,0	3,5		6,0		0,8	
6,2	5,7	2,0	0,0	1,2		2,0		0,8	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								3,3					
								0,5					
								0,3					
								0,2					

Apêndice E. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 5.



LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico ó Perfil 5 ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 5

Apêndice E. (Continuação)

DATA - 09/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura argilosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado a ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó LVAe

LOCALIZAÇÃO ó Rodovia 070 ó Saída para Itaberaí em frente ao Posto de gasolina, lado direito. Coordenadas UTM 22K ó 648.970 / 8209.223.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço médio da pendente com 5 a 8 % de declive, sob pastagem

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis - Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Associação de Ortogranulitos (APIgaio).

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Suave ondulado.

REGIONAL ó Ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Moderada e laminar.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola Moraes Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap ó 0 - 14 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argiloarenosa cascalhenta; moderada, pequena, blocos angulares; ligeiramente dura, friável; plástica e pegajosa; transição irregular e gradual.

AB - 14 - 39 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6 seco); argiloarenosa muito cascalhenta; moderada, pequena, granular; ligeiramente dura, friável; plástica e pegajosa; transição irregular e gradual.

Bw₁ ó 39 ó 85 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8 seco); argila pouco cascalhenta; moderada, pequena, granular; muito dura e firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bw₂ - 85 - 130 cm+; amarelo-avermelhado (5 YR 6/6 seco) argila; moderada, pequena, granular; macia, friável; plástica e pegajosa.

Raízes: muitas e finas no Ap e AB, e raras e finas nos demais horizontes.

Apêndice E. (Continuação)

Perfil 5 - LVAe													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							
Ap	0-14	190	290	70	450	230	49		0,16				
B	14-39	200	270	60	470	140	70		0,13				
Bw1	39-85	90	340	60	510	0,0	100		0,12				
Bw2	85-130+	110	310	80	500	0,0	100		0,16				

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por Sódio (Na %)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T		100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S		100 Na / T
3,6	0,6	0,16		4,4	6,36	68,55					
2,5	0,5	0,10		3,1	4,80	64,58					
1,4	0,4	0,04		1,8	3,34	55,09					
1,1	0,4	0,05		1,6	2,75	56,36					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
6,0	5,2	2,0	0,0	14,5		25,0		0,8	
6,2	5,3	1,7	0,0	10,4		18,0		1,2	
6,1	6,0	1,5	0,0	5,2		9,0		0,5	
6,1	5,8	1,2	0,0	1,7		3,0		0,5	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								1,2					
								0,7					
								0,7					
								0,4					

Apêndice F. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 6.



ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 6

Apêndice F. (Continuação)

DATA - 09/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média pouco cascalhenta/argilosa cascalhenta; A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo ondulado a forte ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó PVAe

LOCALIZAÇÃO ó Rodovia 070 ó Estrada Itauçu ó Taquaral km 4,7, lado direito da estrada. Coordenadas UTM 22K ó 651.959 / 8212.280.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço médio da pendente com 14 a 18 % de declive, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis -Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Associação de Rochas Supracrustais (APIgaip).

PEDREGOSIDADE ó Ligeiramente pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Ligeiramente rochosa.

RELEVO LOCAL ó Ondulado.

REGIONAL ó Forte ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Forte (sulcos e ravinas).

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap ó 0 - 15 cm; cinzento-avermelhado-escuro (5 YR 4/2, seco) e cinzento-avermelhado (5 YR 3/2, úmido); com mosqueado pouco, pequeno e distinto, amarelo-avermelhado (5 YR 6/6) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6); franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; forte, média, blocos angulares; dura, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

BA - 15 - 40 cm; amarelo-avermelhado (7,5 YR 7/6); com mosqueado pouco, pequeno e distinto, amarelo-avermelhado (5 YR 6/6) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6); argiloarenosa cascalhenta; forte média blocos subangulares; dura, firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₁ ó 40 ó 85 cm; amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/6); com mosqueado abundante, pequeno e médio e distinto, amarelo-avermelhado (5 YR 6/6) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6); argiloarenosa muito cascalhenta; forte, pequena blocos subangulares; dura, firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt₂ - 85 - 130 cm; amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/8) com mosqueado abundante, pequeno e médio, distinto, amarelo-avermelhado (5 YR 6/6) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6); argiloarenosa pouco cascalhenta; forte, pequena blocos subangulares; dura, firme; plástica e pegajosa; transição irregular e gradual.

Apêndice F. (Continuação)

C/R - 130 ó 150+ cm; amarelo-avermelhado (5 YR 7/6) coloração variegada composta de bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/4) e vermelho-amarelado (5 YR 4/6); franco-arenosa/franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; forte, pequena blocos angulares; solta, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes: Muitas e finas no Ap e BA, poucas no Bt e raras no C/R.

Perfil 6 - PVAc													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							Silte Argila
Ap	0-15	250	330	70	350	110		690					0,20
BA	15-40	240	320	70	370	116		57					0,19
Bt1	40-85	200	300	60	440	0,0		100					0,14
Bt2	85-130	230	270	50	450	0,0		100					0,11
CR	130-150+	200	360	240	200	0,0		100					1,20

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)						Saturação por bases (V%)		Saturação por Alumínio (m%)		Saturação por Sódio (Na %)	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	100 S / T		100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S		100 Na / T	
2,1	0,6	0,17		2,9	5,37	53,45					
1,7	0,3	0,10		2,1	4,00	52,50					
1,2	0,4	0,06		1,7	3,66	45,36					
1,0	0,3	0,06		1,4	2,66	51,13					
1,0	0,6	0,09		1,7	3,09	54,69					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
5,8	4,7	2,4	0,1	14,5		25,0		2,4	
5,6	4,4	1,7	0,2	7,0		12,0		1,2	
5,7	4,8	1,9	0,1	5,2		9,0		1,0	
5,9	5,1	1,3	0,0	3,5		6,0		0,8	
5,8	5,1	1,4	0,0	1,2		2,0		0,8	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ / R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								1,0					
								0,2					
								0,2					
								0,2					
								0,2					

Apêndice G. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica do Perfil 7.



CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico ó Perfil 7 ó Itauçu-GO



Paisagem representativa da área do perfil 7

Apêndice G. (Continuação)

DATA - 15/04/2009

CLASSIFICAÇÃO ó CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura média, A proeminente, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó CXbd

LOCALIZAÇÃO ó Estrada Itauçu ó Taquaral a 2 km de Itauçu, margem do córrego Três Morros. Coordenadas UTM 22K ó 650.285 / 8210.651.

SITUAÇÃO E DECLIVE ó Terço inferior da pendente com > 45% de declive, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Granitóides ó Associação Ortognáissica

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Constituídos por ortognaisses (API_{y1}), com influência de material coluvial.

PEDREGOSIDADE ó Pedregosa.

ROCHOSIDADE ó Ligeiramente rochosa.

RELEVO LOCAL ó Forte ondulado.

REGIONAL ó Forte ondulado.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Moderada a Forte (sulcos e ravinas).

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem Brachiaria decumbens.

DESCRITO E COLETADO POR ó Virlei Álvaro de Oliveira e Pérola Moraes Calil

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A ó 0 - 30 cm; preto (10 YR 2/1, úmido); franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; forte, média granular; macia, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB - 30 - 45 cm; franco-argiloarenosa pouco cascalhenta; forte, pequena média granular e blocos angulares; macia, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bi - 45 - 80 cm; bruno-escuro (7,5 YR 3/4) franco-argilosa/franco-argiloarenosa; fraca moderada, pequena média, granular e blocos angulares; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

C/R - 80 ó 120+ cm;

Raízes: Finas muitas e médias comuns até o Bi.

Apêndice G. (Continuação)

Perfil 7 - CXbd													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							Silte Argila
A	0-30	200	240	240	320	120		63					0,75
Bi	45-80	220	250	220	310	170		45					0,71

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)		Saturação por Sódio (Na %)	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T			100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S		100 Na / T	
4,0	1,2	0,30		5,5	11,40	48,25							
2,0	0,7	0,21		2,9	7,31	39,81							

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
5,8	4,4	5,5	0,4	40,0		69,0		2,1	
5,8	4,4	4,0	0,4	18,0		31,0		1,5	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ / Al ₂ O ₃	Kr = SiO ₂ / R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								2,3					
								0,7					

Apêndice H. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da Amostra Extra 1.



LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico ó Itauçu - GO



Paisagem representativa da área da amostra extra 1

Apêndice H. (Continuação)

DATA - 09/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó LATOSSOLO Vermelho-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO ó LVAd.

LOCALIZAÇÃO ó Alto da primeira nascente do rio Meia Ponte ao lado de um bananal.
Coordenadas UTM 22K ó 653.660 / 8216.875.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL ó Terço superior da pendente com 04 a 12% de declive, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis- Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Associação de Ortogranulitos (APIgaio).

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó suave ondulado.

REGIONAL ó Ondulado.

DRENAGEM ó Acentuadamente drenado.

EROSÃO ó Não aparente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Caducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem Brachiaria decumbens.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0-22 cm; cinzento-avermelhado-escuro (5 YR 4/2, seco) e bruno avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmido); argiloarenosa; moderada, pequena e granular; ligeiramente dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bw ó 22 - 50 cm+ ; vermelho-amarelado (5 YR 5/6) ; argiloarenosa; fraca muito pequena granular; macia, friável, plástica e pegajosa.

Raízes: Muitas, finas no Ap, comuns no Bw.

Apêndice H. (Continuação)

Amostra Extra 1 - LVAd															
Horizontes				Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)						Grau de Floculação (g/100g)				Silte Argila	
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)									
AP	0-22	150	400	60	390	160	59	0,15							
Bw	22-50	170	380	50	400	270	33	0,13							
Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)															
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)		Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%) 100 S / T	Saturação por Alumínio (m%) 100 Al ³⁺ / Al ⁺³ + S	Saturação por Sódio (Na %) 100 Na / T						
1,7	0,6	0,3		2,6		6,4	40,63								
0,5	0,2	0,05		0,8		3,35	22,39								
pH (1: 2,5) Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹) (g kg ⁻¹) (g kg ⁻¹) (g kg ⁻¹) Relação (mg kg ⁻¹) (mg kg ⁻¹)															
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S						
5,8	4,6	3,7	0,1	17,4		30,0		1,2							
5,3	4,2	2,2	0,4	6,4		1,1		0,5							
Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹) Relações Moleculares Micronutrientes (mg kg ⁻¹)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo		
								1,0							
								0,2							

Apêndice I. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da Amostra Extra 2.



LATOSSOLO Vermelho Distrófico típico ó Amostra Extra 2 ó Inhumas - GO



Paisagem representativa da área da amostra extra 2

Apêndice I. (Continuação)

DATA - 09/03/2009

CLASSIFICAÇÃO ó LATOSSOLO Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo plano e suave ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - LVd.

LOCALIZAÇÃO ó Chapada com plantação de cana ao sudeste da área de trabalho, lado direito da Rodovia GO ó 070, Goiânia - Itauçu. Coordenadas UTM 2 K ó 657.341 / 8208.013.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL ó Chapada com 0 a 3% de declive, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Granitóides - Associação Ortognaissica-Migmatítica (API₁).

MATERIAL ORIGINÁRIO ó constituídos por ortognaisses.

PEDREGOSIDADE ó Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL ó Plano.

REGIONAL ó Suave ondulado.

DRENAGEM ó Acentuadamente drenado.

EROSÃO ó Não aparente.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Tropical Caducifólia.

USO ATUAL ó Cultura de cana-de-açúcar e pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR ó Pérola M. Calil e Cristiane Rodrigues

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0-12 cm; bruno-amarelado-escuro (10 R 3/6, seco) e bruno-acinzentado muito escuro (10 R 3/2, úmido); argiloarenosa; fraca, muito pequena granular; solta, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

Bw ó 12 - 40 cm+; bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/6); argila; fraca, muito pequena, granular; macia, friável, plástica e pegajosa.

Raízes: Muitas, comuns no Ap e Bw.

Apêndice I. (Continuação)

Amostra Extra 2 - LVd													
Horizontes				Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)						Grau de Floculação (g/100g)		Silte Argila	
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							
AP	0-12	250	180	60	510	240	53	0,12					
Bw	12-40+	220	170	60	550	0,0	100	0,11					
Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)							Saturação por Alumínio (m%)		Saturação por Sódio (Na %)				
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T	100 Al ³⁺ / Al ⁺³ + S	100 Na / T				
0,9	0,7	0,50		2,1	4,40	47,73							
0,4	0,2	0,10		0,7	4,5	15,56							
pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)				
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S				
6,3	4,8	2,3	0,0	13,9		24,0		1,2					
5,1	4,2	3,2	0,6	10,4		18,0		0,8					
Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								0,3					
								0,4					

Apêndice J. Fotos, descrição geral, morfológica e analítica da amostra extra 3.



CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico ó amostra extra 3 - Itauçu - GO



Paisagem representativa da área da amostra extra 3

Apêndice J. (Continuação)

DATA - 12/02/2010

CLASSIFICAÇÃO ó CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura franco-argiloarenosa cascalhenta, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado a montanhoso e forte ondulado.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - CXbd.

LOCALIZAÇÃO ó Lado direito da Rodovia GO ó 070, Goiânia - Itauçu. a 3,2 km da cidade, entrada para a fazenda da Marina, mais 3,6 km, Coordenadas UTM 2 K ó 649.451 / 8214.379.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL ó Média pendente com declive superior a 40%, sob pastagem.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA ó Complexo Granulítico Anápolis ó Itauçu.

MATERIAL ORIGINÁRIO ó Associação de Ortogranulitos (APIgaio).

PEDREGOSIDADE ó Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Rochosa.

RELEVO LOCAL ó Forte ondulado.

REGIONAL ó Forte ondulado a Montanhoso.

DRENAGEM ó Bem drenado.

EROSÃO ó Moderada a forte (Sulcos e Ravinas).

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA ó Floresta Subcaducifólia.

USO ATUAL ó Pastagem com *Brachiaria Decumbens*.

DESCRITO E COLETADO POR ó Virlei Álvaro de Oliveira e Pérola Moraes Calil

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap ó 0 - 12 cm; bruno-claro (7,5 YR 6/4, seco) e bruno (7,5 YR 4/4, úmido); franco-argiloarenosa cascalhenta; forte, média grande granular; macia friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.

Bi ó 12 - 33 cm; amarelo-avermelhado (7,5 YR 6/6); franco-argiloarenosa cascalhenta; forte, média, blocos angulares, ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa, transição ondulada e gradual.

C ó 33 ó 90+ cm; Saprólito

Raízes: Poucas no A e Bi raras no C.

Apêndice J. (Continuação)

Amostra Extra 3 - CXbd													
Horizontes		Granulometria da Terra Fina (g kg ⁻¹)					Grau de Floculação (g/100g)						
Símb.	Profund. (cm)	Areia Grossa 2 ó 0,2 mm	Areia Fina 0,2 ó 0,05 mm	Silte 0,05 ó 0,002 mm	Argila (NaOH) < 0,002 mm	Argila (H ₂ O) (g kg ⁻¹)							Silte Argila
Ap	0-12	220	270	230	280	100		64					0,82
Bi	12-33	200	280	220	300	140		53					0,73

Bases Trocáveis (cmolc.kg ⁻¹)										Saturação por Alumínio (m%)	Saturação por Sódio (Na %)
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na+	Bases Trocáveis (S) (cmolc.kg ⁻¹)	Valor T (cmolc.kg ⁻¹)	Saturação por bases (V%)	100 S / T			100 Al ³⁺ / Al ³⁺ + S	100 Na / T
3,8	0,9	0,36		5,1	9,76	51,84					
1,8	0,5	0,24		2,5	6,34	40,06					

pH (1: 2,5)		Acidez Extraível (cmolc/kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	Relação	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
H ₂ O	KCl N	H ⁺	Al ³⁺	C	N	MO	C/N	P	S
6,0	4,6	4,5	0,2	26,1		45,0		3,0	
5,6	4,4	3,5	0,3	16,8		29,0		1,5	

Ataque por H ₂ SO ₄ (g kg ⁻¹)				Relações Moleculares				Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki = SiO ₂ Al ₂ O ₃	Kr= SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	B	Zn	Fe	Mn	Cu	Co	Mo
								2,6					
								0,5					