

MARCELO RODRIGO ALVES

CARACTERIZAÇÃO E USO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO ZEREDE, TIMÓTEO-MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A474c  
2005  
Alves, Marcelo Rodrigo, 1981-  
Caracterização e uso da bacia hidrográfica do córrego  
Zerede, Timóteo-MG / Marcelo Rodrigo Alves. – Viçosa :  
UFV, 2005.  
xvii, 95f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 78-86.

1. Hidrologia florestal - Timóteo (MG). 2. Bacias  
hidrográficas - Timóteo (MG) - Administração. 3. Solo -  
Uso - Timóteo (MG). 4. Recursos hídricos - Desenvolvi-  
mento - Timóteo (MG). 5. Água - Qualidade - Timóteo  
(MG). 6. Hidrometeorologia - Timóteo (MG). 7. Sistemas  
de Informação Geográfica. I. Universidade Federal de  
Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9116

MARCELO RODRIGO ALVES

CARACTERIZAÇÃO E USO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
CÓRREGO ZEREDE, TIMÓTEO-MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA: 11 de julho de 2005

---

Prof. João Luiz Lani  
(Conselheiro)

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Conselheiro)

---

Prof. Cláudio Mudado Silva

---

Prof. José Marinaldo Gleriani

---

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias  
(Orientador)

A DEUS, pela vida e por me dar forças para concretizar mais esta etapa.

Aos meus pais, Leônidas e Maria Aparecida, pela minha formação nos princípios da verdade e pela compreensão da minha ausência nos momentos de alegrias e de tristezas.

Aos meus irmãos, Marcos (*in memoriam*), Márcia, Mariane e Rafael, pelo apoio e incentivo a mim dispensado durante os longos anos de estudos.

Aos meus sobrinhos, Álvaro, Thaís e Gabrielle, pelos momentos de alegrias, os quais, embora não tenham sido tão freqüentes, foram muito valiosos para que eu continuasse na busca dos meus ideais, procurando sempre poder ser algum dia referencial de alguém que lutou pelos seus anseios.

A Luziane, minha noiva, pelas críticas construtivas, pelo carinho, companheirismo e amor a mim dispensado, pois foram pilares para minha sustentação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pois sempre estive à frente de todas as coisas.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Florestal, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realização do Curso.

Ao professor Herly Carlos Teixeira Dias, pela orientação valiosa, pelo incentivo, pela amizade sincera e pela confiança e dedicação demonstrados ao longo da condução deste trabalho.

Ao professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela confiança e ensinamentos acadêmicos que foram valiosos para minha formação.

Ao professor João Luiz Lani por ter sido um grande mestre na minha jornada acadêmica.

Aos professores Cláudio Mudado e José Marinaldo, pelos questionamentos, sugestões, e críticas construtivas ao presente trabalho, contribuindo para melhoria da qualidade do mesmo.

Aos Engenheiros Agrimensores Ângelo Marcos Silva, Luziane Ribeiro e Ronaldo Medeiros dos Santos, pela ajuda no processamento dos dados.

Ao estudante Adenilson Botelho pela ajuda no trabalho de levantamento topográfico.

Aos laboratoristas e estagiários do Laboratório de meio Ambiente do Setor de Celulose e Papel – UFV, pela ajuda nas análises de água.

Ao estudante de doutorado Nilson Bardalles, pela ajuda no levantamento de solos.

Ao laboratorista Cláudio, do Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos – UFV, pela ajuda nas análises físicas do solo.

Aos trabalhadores voluntários da Fazenda Maanaim que sempre se dispuseram a ajudar nos trabalhos de campo.

Ao Pr. Leonardo e família que sempre me receberam como uma pessoa da família.

Ao Pr. Lúcio pela ajuda em todos os momentos deste trabalho.

Aos amigos de república, Daniel, Uelinton, Eduardo, Pedro, Edgar, Hugo, Isaque, pelos momentos de descontração e de alegria.

Aos amigos da Equipe de Pesquisa e Extensão em Hidrologia Florestal – EPEHF, Ana Paula, Christiany, José Carlos e Kelly, pela troca de conhecimentos e companheirismo.

Aos colegas do curso de pós-graduação pela troca de experiências.

À Ritinha, Frederico, Chiquinho, Jamile, Rita, Imaculada, Noêmia, Rose e Tadeu, pela competência e palavras de amizade. Também aos funcionários da biblioteca da SIF, José Mauro, Miguel, pela simpatia e dedicação no desenvolvimento de seu trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido durante parte do desenvolvimento da pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Marcelo Rodrigo Alves, filho de Leônidas Alves e Maria Aparecida Paião Alves, nasceu em 28 de Janeiro de 1981 na cidade de Rancharia, São Paulo.

Em dezembro de 1997 concretizou o curso Técnico em Agropecuária na Escola Técnica de Paraguaçu Paulista, São Paulo.

Em Março de 1999 ingressou no curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, graduando-se em Agosto de 2003.

Em Agosto de 2003 iniciou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Hidrologia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, concluindo os requisitos indispensáveis para obtenção do título de Magister Scientiae em Julho de 2005.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Ciclo hidrológico.....	4
2.2 Bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de estudo .....	5
2.3 Estratificação de ambientes .....	6
2.4 Uso do solo.....	7
2.5 Qualidade da água .....	8
2.6 Características fisiográficas de interesse hidrológico .....	11
2.7 Uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) no planejamento de micro-bacias hidrográficas.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Localização e caracterização da área .....	15

3.2	Atividades de Campo .....	17
3.2.1	Seleção de locais para amostragem, coleta de amostras e descrição morfológica dos solos.....	17
3.2.2	Medição da precipitação e vazão .....	18
3.2.3	Levantamento topográfico.....	20
3.2.4	Coleta das amostras de água.....	20
3.3	Atividades de Laboratório.....	24
3.4	Análises de solos .....	24
3.4.1	Análises físicas do solo .....	24
3.4.2	Análises químicas do solo.....	24
3.4.3	Análises físicas químicas e biológicas da água.....	24
3.5	Atividades de Escritório .....	27
3.5.1	Geoprocessamento .....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
4.1	Características Físicas da Bacia .....	37
4.2	Características Físicas das Sub – Bacias .....	47
4.3	Hidrologia da Bacia.....	51
4.4	Análise de água .....	54
4.4.1	Análises biológicas.....	54
4.4.2	Análises físicas e químicas da água .....	56
4.5	Análise do solo.....	61
4.5.1	Análises físicas .....	61
4.5.2	Análises químicas.....	64
4.6	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	72
5	RESUMO E CONCLUSÕES .....	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
	APÊNDICES.....	87

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores de escala segundo volumes e DBO esperado. ....	27
Quadro 2 – Tipos de usos indicados a diferentes intervalos de classes de declive .....	36
Quadro 3 – Características físicas da BHCZ, Timóteo – MG, 2005.....	38
Quadro 4 – Distribuição, em termos de área, dos intervalos de declividade da bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG.....	44
Quadro 5 – Distribuição da área representativa de cada face de orientação da declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG. ....	46
Quadro 6 – Características físicas das duas sub – bacias hidrográficas do Córrego Zerede, Timóteo – MG .....	48
Quadro 7 – Resultados das análises físicas e químicas da água do córrego Zerede, Timóteo – MG, para o mês de março de 2005.....	58
Quadro 8 – Resultados das análises físicas e químicas da água do córrego Zerede, Timóteo – MG, para o mês de junho de 2005.....	58
Quadro 9 – Resultados das análises físicas de amostras dos solos da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.....	63

Quadro 10 – Variação da densidade do solo, densidade das partículas e porosidades em duas profundidades dos perfis descritos na BHCZ, Timóteo – MG, 2005.....	64
Quadro 11 – Resultados das análises químicas de amostras dos solos estudados na bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG. ....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Fazenda Maanaim, município de Timóteo – Minas Gerais.....	16
Figura 2 – Vista aérea em terceira dimensão da Fazenda Maanaim, Timóteo – MG, 2005. ....	17
Figura 3 – Paisagens e perfis descritos na BHCZ, Timóteo – MG, 2005. ....	18
Figura 4 – Pluviômetro instalado na BHCZ, Timóteo – MG, em 2004.....	19
Figura 5 – Localização dos pontos de coleta de água ao longo do córrego Zerede, Timóteo – MG. .....	21
Figura 6 – Aspectos de cada ponto amostrado para as análises de água da BHCZ em Março de 2005. a – ponto 1; b – ponto 2; c – ponto 3; d – ponto 4; e – ponto 5; f – ponto 6. ....	22
Figura 7 – Oxímetro utilizado para determinações de oxigênio dissolvido e temperatura da água em condições de campo.....	23
Figura 8 – Pontos cotados no levantamento planialtimétrico da área de estudo – aproximadamente 1900 pontos cotados – em fevereiro de 2005.....	29
Figura 9 – Visualização da área limite (a) e hidrografia (b), após ligação dos pontos, na fazenda Maanaim, Timóteo – MG, 2005.....	29
Figura 10 – Classificação dos padrões de drenagem segundo Christofolletti (1974). ....	32

Figura 11 – Ordenamento dos cursos d’água da BHCZ, Timóteo-MG, 2005. ....	39
Figura 12 – Variação altimétrica da BHCZ determinada pelo modelo digital de elevação hidrograficamente consistente – MDEHC do terreno. ....	41
Figura 13 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005. ....	41
Figura 14 – Declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, com sobreposição de uma margem de 30 m na hidrografia. ....	43
Figura 15 – Declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, reclassificado segundo Bigarella e Mazuchowski (1985). ....	44
Figura 16 – Representação do aspecto de orientação das faces de declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG. ....	46
Figura 17 – Sub – bacias na bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG. ....	47
Figura 18 – Variação altimétrica da sub – bacia B do córrego Zerede, Timóteo – MG, determinada pelo modelo digital de elevação hidrograficamente consistente – MDEHC do terreno. ....	50
Figura 19 Variação altimétrica da sub -bacia A do córrego Zerede, Timóteo – MG, determinada pelo modelo digital de elevação hidrograficamente consistente – MDEHC do terreno. ....	51
Figura 20 – Variação da precipitação pluviométrica na região de Timóteo – MG e na bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG. ....	52
Figura 21 – Variação da precipitação pluviométrica para a região de Timóteo – MG entre os anos de 2002 e 2005 (Fonte: SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais) ....	53
Figura 22 – Valores de precipitação e de vazão na bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005. ....	54
Figura 23 – Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes nos diferentes pontos (P.1, P.2, P.3, P.4, P.5 e P.6) e a classificação (C E - Classe Especial, C I – Classe I, C II – Classe II) sugerida pelo CONAMA (2005). ....	55
Figura 24 – a) área de exploração de eucalipto; b) encontro das águas do córrego (seta em azul) com o canal intermitente (setas em vermelho). ....	59

- Figura 25 – Comparação entre as análises, realizadas nos meses de março e junho de 2005, para cor, turbidez, DBO<sub>5</sub>, pH e OD e as classes I, II e III da Resolução 357 do CONAMA. P.1 – Ponto 1; P.2 – Ponto 2; P.3 – Ponto 3; P.4 – Ponto 4; P.5 – Ponto 5; P.6 – Ponto 6; I – Classe I da Resolução 357 do CONAMA; II - Classe II da Resolução 357 do CONAMA; III - Classe III da Resolução 357 do CONAMA. Para a classificação do CONAMA para O2 considera-se os limites como mínimos.....60
- Figura 26 – Triângulo textural dos seis perfis analisados na BHCZ, Timóteo – MG.....62
- Figura 27 – Valores da soma de bases (SB), de acordo com a profundidade, para os solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede. P1 – perfil 1 (Cambissolo háplico), P2 – perfil 2 (Neossolo Quartzârenico), P3 – perfil 3 (Latosolo Vermelho - Amarelo), P4 – perfil 4 (Latosolo Amarelo), P5 – perfil 5 (Latosolo Amarelo), P6 – perfil 6 (Neossolo Flúvico). .....68
- Figura 28 – Distribuição do carbono orgânico (C), de acordo com a profundidade, para os solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede. P1 – perfil 1 (Cambissolo háplico), P2 – perfil 2 (Neossolo Quartzârenico), P3 – perfil 3 (Latosolo Vermelho - Amarelo), P4 – perfil 4 (Latosolo Amarelo), P5 – perfil 5 (Latosolo Amarelo), P6 – perfil 6 (Neossolo Flúvico) .....70
- Figura 29 – Estoque de carbono orgânico para cinco perfis de solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG. P1 – Cambissolo Háplico; P2 – Neossolo Quartzarênico; P3 – Latossolos Vermelho-Amarelo; P4 – Latossolos Amarelo; P5 – Latossolos Amarelo;.....71
- Figura 30 – Uso atual e cobertura dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005. ....74
- Figura 31 – Aptidão de uso dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005.....75

## RESUMO

ALVES, Marcelo Rodrigo, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho, 2005. **Caracterização e Uso da Bacia Hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo-MG**. Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Conselheiros: Haroldo Nogueira de Paiva e João Luiz Lani.

É comum o tratamento não integrado dos estudos dos fenômenos naturais, talvez na pressuposição de que conhecendo as partes de um sistema pode-se conhecer suficientemente o todo. Entretanto, para conservar a natureza, particularmente o solo e a água, é necessário o envolvimento coordenado e integrado de todos, o que faz com que a pequena bacia de drenagem corresponda a unidade fundamental de trabalho na conservação do solo e do meio ambiente, já que permite o detalhamento progressivo de estudo sem a perda do sentido de conjunto. Diante disso, tomou-se como unidade experimental à bacia hidrográfica do córrego Zerede no município de Timóteo – MG, por se tratar de uma área que terá como objetivo a preservação dos recursos naturais a partir do uso racional, principalmente a água, além de permitir levar ao conhecimento da população local práticas de educação ambiental. Assim, objetivando-se proceder à caracterização ambiental da área e o levantamento do uso atual para uma posterior proposta de modificação da ocupação do terreno com vista a produção de água, em quantidade e qualidade, e melhor conservação do solo, percorreu-se a área para reconhecimento geral, observando os aspectos

paisagísticos, uso do solo, entre outros. Realizaram-se trabalhos de campo, como coletas de amostras de água, abertura de trincheiras e coleta de amostras de solos, levantamento planialtimétrico da área, medição de vazão e precipitação da bacia; trabalhos de laboratório, tais como análises físicas, químicas e biológicas da água, análise física e química do solo; e trabalhos de escritório, como a geração de mapas, determinação de índices fisiográficos da bacia; além da obtenção de fotografias aéreas não-convencionais. Os resultados obtidos através das variáveis que determinam a forma da bacia mostram que a bacia tende para a forma alongada, o que reduz a probabilidade receber uma grande carga de água em um só ponto, por consequência de uma chuva normal, e conseqüentemente vir a ter uma enchente. A bacia possui um relevo forte ondulado com predominância de áreas (96%) com declividade acima de 20%. As chuvas estão concentradas nos meses de novembro a janeiro, o que pode chegar a mais de 70% da precipitação anual. Na maior parte das amostras, as características biológicas da água (coliformes termotolerantes) satisfazem os requisitos exigidos para a classe I, conforme estabelecido pelo CONAMA. A qualidade física e química da água é influenciada pela sazonalidade, sendo que a variável turbidez é a que mais afeta a qualidade da água na estação chuvosa e as variáveis pH e O<sub>2</sub> as que mais afetam no período seco. Os solos são, em sua maioria, distróficos e apresentam, como parte mais rica do solo, os primeiros 20 cm de profundidade, o que provavelmente está relacionado com ciclagem de nutrientes. No geral os solos são muito intemperizados e estão submetidos a um processo intenso de erosão, principalmente a linear.

## **ABSTRACT**

ALVES, Marcelo Rodrigo, M. S. Universidade Federal de Viçosa, July, 2005. Characterization and Use of the Zerede Stream Watershed, Timóteo-MG. Adviser: Herly Carlos Teixeira Days. . Committee Members: Haroldo Nogueira de Paiva, João Lani Luiz.

It is common the no – integrated treatment of the studies of the natural phenomena, perhaps presupposing of that knowing some parts of a system it can be known in this whole. However, to conserve the nature, particularly the soil and the water, it is necessary the coordinated and integrated involvement of everyone, making that the small watershed corresponds the fundamental unit of work in the soil and environment conservation, since it allows the gradual detailing of study without the loss of the group sense. Thus, it was taken as experimental unit the Zerede stream watershed in the city of Timóteo – MG, for being an area that will have as objective the preservation of the natural resources from the rational use, mainly the water, besides taking knowledge about practices of environmental education for the local population. Thus, with the objective of proceeding the environmental characterization from the area and the survey of the current use for a post proposal of modification of the ground occupation, having as an objective of the production of water in quantify and quality, and better conservation of the soil. The area was

traveled for a general recognition, observing the landscape aspects, use of soil, among others. Field works, were made, such as collections of water samples, trench openings and collection of ground samples, level altimeter survey of the area, measurement of outflow and precipitation of the watershed; laboratory works, such as physical, chemical and biological analyses of the water, physical and chemical analyses of the soil; and office works, with the generation of maps, determination of physiographic rates of the watershed; besides the obtaining of no conventional aerial photographs. The results obtained through the variables which determine the form of the watershed show that the watershed to a long form, which reduces the probability of receiving a great load of water in a unique point, as a result of a normal rain, and consequently to have a flood. The basin has a strong waved relief with predominancy of areas (96%) with slope above 20%. The rains are concentrated between November and January, which can be more than 70% of the annual precipitation. In the biggest part of the samples, the biological characteristics of the water (thermotoleraled coliforms) satisfy the demanded requisites for class 1, as established by CONAMA. The physical and chemical quality of the water is influenced by the season, where the turbidity variable is the one which most affects the quality of the water in the rainy station and the pH and O<sub>2</sub> variables most affect it in the dry period. The soils are in their majority, poor and they present, as the richest part of the ground, the first 20 cm of depth, which probably is related to nutritious recurrent. In general the grounds are very bad weather and are submitted to an intense process of erosion, mainly the linear one.

# 1 INTRODUÇÃO

Dos recursos naturais existentes a água apresenta grande importância por ser considerada indispensável para a vida e por ser um recurso que ao longo do tempo vem se escasseando.

Desde os primórdios da vida na Terra e da história da espécie humana, a água sempre foi essencial. Qualquer forma de vida depende da água para sua sobrevivência e/ou para seu desenvolvimento.

Com a expansão dos centros urbanos, a intensificação da industrialização e a ampliação da agricultura irrigada, é crescente a demanda de água tanto para consumo direto como para a utilização em diversas fases da produção, ou para usos não consuntivos (lazer, paisagismo), acirrando a competição. Além disso, a qualidade e a quantidade dos mananciais vem decrescendo rapidamente pela ação antrópica (EMBRAPA, 2001).

A bacia hidrográfica do rio Doce já está altamente comprometida pelo uso inadequado dos seus recursos naturais, especialmente com graves conseqüências para os recursos hídricos. Para recuperar a qualidade da bacia hidrográfica do rio Doce há uma necessidade premente de se desenvolver um trabalho englobando desde a conscientização da população, por práticas de educação ambiental, até através de propostas que criem alternativas técnicas e ambientais que possibilite o melhor uso dos recursos naturais com vista a sua sustentabilidade ecológica, econômica e social.

Atualmente a bacia hidrográfica do rio Doce apresenta um alto nível de usos que degradam a sua qualidade como, por exemplo, grandes áreas com pastagens, plantio de eucalipto como monocultura. A agricultura de subsistência, praticada pelos pequenos agricultores (agricultura

familiar) é inviável. Alternativas de uso devem ser implementadas e para isto é preciso melhor conhecer os recursos naturais da bacia para planejar o seu uso mais adequado.

O que se observa é que este conhecimento se dá de forma mais eficaz quando se tem por unidade experimental a bacia hidrográfica (BRASIL, 2004), uma vez que são ótimas unidades para estudo e planejamento integrado dos recursos naturais renováveis (Valente e Castro, 1981) e constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas. Os cursos d'água formados numa bacia servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem. Assim, os rios que drenam uma região apresentam suas águas com características físico-químicas próprias, as quais refletem as atividades de uso de solo nas áreas à montante (Castro, 1980).

Na bacia hidrográfica do rio Doce existe uma sub-bacia (bacia hidrográfica do córrego Zerede) em que há um projeto para construção de uma infra-estrutura como alojamentos e restaurantes para atender um determinado número de pessoas. Estas pessoas deverão se reunir nos finais de semana para fins de ensino. O restante da área da sub-bacia terá como objetivo a preservação dos recursos naturais a partir do uso racional.

No entanto para o uso adequado do solo torna-se necessário uma caracterização ambiental da área e o levantamento do uso atual para uma posterior proposta de modificação da ocupação do terreno. Para as freqüentes reuniões a água será um recurso essencial, portanto, qualquer que seja o uso do solo, em toda área, deverá ser implantadas medidas de conservação do solo e da água tomando-se como unidade de planejamento a bacia hidrográfica do córrego Zerede.

Assim, na preocupação com o uso sustentável dos recursos naturais na referida área, principalmente o uso dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade adequadas para atender a demanda local urbana, têm-se como objetivo principal proceder a caracterização ambiental da área e o levantamento do uso atual para uma posterior proposta de modificação da ocupação do terreno com vista a produção de água, em quantidade e qualidade, e melhor conservação do solo e, como objetivos específicos, os seguintes pontos:

- 1- Realizar a caracterização fisiográfica e hidrológica da bacia;
- 2- Caracterizar e mapear os principais tipos e usos do solo;
- 3- Avaliar as condições físicas e químicas do solo;

- 4- Avaliar, em diferentes pontos da bacia, a qualidade da água em termos químicos, físicos e biológicos;
- 5- Avaliar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica por meio da entrada de precipitação e vazão do Córrego Zerede.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ciclo hidrológico

A água diferencia-se dos demais recursos naturais pela notável propriedade de renovar-se continuamente, graças ao ciclo hidrológico (Studart, 2003).

O ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental de tudo o que se refere à água no planeta (Tucci, 2001), sendo este o modelo pelo qual se representam a interdependência e o movimento contínuo da água nas fases sólidas, líquida e gasosa. Evidentemente, a fase de maior interesse é a líquida, o que é fundamental para o uso e para satisfazer as necessidades do homem e de todos os outros organismos, animais e vegetais (Tundisi, 2003; Speidel et al., 1988).

Embora o movimento cíclico da água não tenha princípio nem fim (Studart, 2003), costuma-se iniciar seu estudo descritivo pela evaporação da água dos oceanos e da superfície continental, onde se tornam parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser transpirada pelas plantas. Assim, o ciclo da água envolve vários e complexos processos hidrológicos, tais como a evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação e escoamento superficial (Lima, 1994; Tucci, 2001; Studart, 2003; Tundisi, 2003; Soares, 2003).

Até o final da década de 1980, acreditava-se que o ciclo hidrológico no planeta era fechado, ou seja, que a quantidade total de água permaneceria sempre a mesma desde o início da Terra. Nenhuma água entraria no planeta Terra a partir do espaço exterior, nenhuma água o

deixaria. Descobertas recentes, entretanto, sugerem que “bolas de neve” de 20 a 40 toneladas, denominadas pelos cientistas de “pequeno cometas”, provenientes de outras regiões do sistema solar podem atingir a atmosfera da Terra. As chuvas de “bolas de neve” vaporizam-se quando se aproximam da atmosfera terrestre e podem ter acrescentado 3 trilhões de toneladas de água a cada 10.000 anos (Frank, 1990; Pielou, 1998, Tundisi, 2003).

## ***2.2 Bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de estudo***

Bacias hidrográficas são unidades geográficas naturais e seus limites foram criados pelo escoamento das águas sobre a superfície, ao longo do tempo (EMBRAPA, 2001). As bacias podem ser representadas tanto por pequenas áreas, bacias hidrográficas de um pequeno córrego, quanto por grandes áreas, bacias de grandes rios (Valente e Dias, 2001). É uma unidade física bem caracterizada, correspondente a uma área de terra drenada por um curso d'água e limitada perifericamente pelos divisores de águas (Valente e Castro, 1981).

Os conceitos de bacia e sub-bacias relacionam-se a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (Fernandes e Silva, 1994; Souza e Fernandes, 2000). Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos (Souza e Fernandes, 2000).

BRASIL (2004) determina que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Para Valente e Castro (1981) as bacias hidrográficas são ótimas unidades para estudo e planejamento integrado dos recursos naturais renováveis e constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas. Os cursos d'água formados numa bacia servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem. Assim, os rios que drenam uma região apresentam suas águas com características físico-químicas próprias, as quais refletem as

atividades de uso de solo nas áreas à montante (Castro, 1980, Fernandes e Silva, 1994; Baruqui e Fernandes, 1985).

O planejamento de uso dos recursos naturais em termos de sustentabilidade requer inicialmente a organização e a disponibilização de informações sobre o ambiente. Aspectos de clima, solo, vegetação dentre outros, determinam os níveis de preservação ambiental (Simões et al., 1995). Pelo estudo dos solos pode-se facilmente reconhecer e estratificar estes ambientes que ocorrem na paisagem (Resende e Rezende, 1983).

O planejamento de uso de uma bacia hidrográfica, bem como as ações de manejo têm seus níveis de eficiência regulados pelo grau de conhecimento que se dispõe do sistema a ser manejado ou gerenciado. O conhecimento da estrutura e do funcionamento do ecossistema fornecerá indicações sobre onde, quando e como uma determinada medida de manejo ambiental deve ser implementada (Pavanelli, 1996).

Para Souza e Fernandes (2000), o gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer, antes de tudo, um processo de planejamento sócio-econômico ambiental dessas unidades, a fim de buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental delas. Dessa forma, são fundamentais a caracterização e o conhecimento da capacidade de suporte, dos riscos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerentes às unidades sócio-econômicas (comunidades, produtores e famílias rurais) inseridas na sub-bacia hidrográfica.

### ***2.3 Estratificação de ambientes***

Em microbacia hidrográfica, o conhecimento de ambientes complexos e multivariáveis como os ecossistemas naturais, ocupados ou não por atividades antrópicas, é facilitado por sua estratificação em segmentos representativos dos seus diversos recursos naturais.

O solo é um dos recursos naturais mais importantes dos ecossistemas, uma vez que serve como membrana que regula ciclos de nutrientes e d'água. Toda a forma de vida, animal, vegetal, terrestre ou aquática, direta ou indiretamente, relaciona-se com ele (Amaral, 2003). Como suas propriedades variam no tempo e no espaço, torna-se necessário sua estratificação (Mota, 1981; Resende et al., 2002) que deve ser feita por meio de parâmetros que levem à melhor homogeneidade do ambiente.

O agricultor, especialmente o pequeno, há muito tempo separa o conjunto de sua propriedade em subconjuntos mais homogêneos (Santana, 1983; Resende, 1996). Dentro do contexto da pequena propriedade rural, zonar manchas de solo é um passo adiante para uma utilização adequada e planejamento de sistemas com diferentes cultivos, dentro de uma estratégia de conservação de energia e otimização do trabalho e recursos (Vivan, 1998). Rocha (2000) ainda afirma que o inventário dos recursos é o primeiro passo para o planejamento de uma propriedade.

As bacias hidrográficas apresentam certos elementos de geografia física que as tornam propícias ao estudo e planejamento de verdadeiras regiões humanas. Elas possuem um elemento unificador, um interesse comum, um problema central, que lhes imprimem irretocável caráter de unidade, a água. Ao lado do rio como elemento unificador, deve-se considerar os divisores de água da periferia do vale, os quais, pelo seu papel de certo modo isolante em relação às regiões circunjacentes, constituem-se em motivo unificador indireto (Serebreenick, 1993). Portanto, a bacia de drenagem, particularmente a pequena bacia, parece localizar, de forma natural, o problema da conservação dos recursos naturais, em razão da interdependência dos atributos bióticos e abióticos no seu interior (Resende et al., 2002).

Ferramentas que na última década têm intensificado seu uso são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e Sistemas de Informações da Terra (LISs) (Meyerinck et al., 1998), sobre os quais Silva (2001) ressalta que o uso deve respeitar a natureza diversificada dos dados ambientais e, ainda assim, permitir análises e integrações sucessivas que conduzam a deduções quanto às relações causais. Como ferramenta de trabalho, os SIGs podem considerar análises espaciais simples baseadas em um único mapa ou gerar um mapa multi-temático (FAO, 1995).

## **2.4 *Uso do solo***

O solo é o principal recurso natural para o aproveitamento agrícola, mas pode ser esgotado se mal utilizado (Lacerda e Alvarenga, 2000).

O solo ocupa uma posição peculiar nos ecossistemas, porque é resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais e, ao mesmo tempo, importante componente do ambiente, por ser

suporte de desenvolvimento de várias formas de vida, que sustentam outras formas de vida e assim sucessivamente.

Entre os fatores ambientais é possível destacar a ação do clima e organismos (fatores ativos) sobre rochas e sedimentos (fatores passivos), sob influência do relevo, depois de um determinado tempo.

A variabilidade de ocorrência de solos é muito grande, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um desses componentes, têm-se produtos (solos) diferentes. Por exemplo, comparando-se os solos de base e de topo de uma encosta, eles vão se diferenciar pelo menos na profundidade e teor de matéria orgânica de seus horizontes (Lacerda e Alvarenga, 2000).

Assim, dependendo do produto formado tem-se uma determinada cobertura vegetal e os demais componentes ambientais a ela associados, o que expressa uma determinada relação ambiental e, conseqüentemente, uma determinada paisagem. O uso antrópico dos solos também implica em relações ambientais, porque qualquer alteração provoca reações no ambiente, que busca um novo equilíbrio, ou novas relações (Lacerda e Alvarenga, 2000).

Para Resende et al. (2002) é comum o tratamento não integrado dos estudos dos fenômenos naturais, talvez na pressuposição de que conhecendo as partes de um sistema pode-se conhecer suficientemente o todo. Os ecossistemas manifestam-se numa trama de interdependência entre suas variáveis. Assim, o estudo da associação dessas variáveis mostra a importância do fenômeno global, expresso nos ecossistemas, como parâmetro maior (Tucci, 2001).

É importante conhecer os atributos dos solos e da vegetação que possam interferir nesse processo de degradação do ambiente. Ao solo são pertinentes atributos que uma vez bem interpretados, subsidiam as previsões de comportamento e realçam as relações de interdependência na pequena bacia e isto deve resultar em alternativas mais adequadas de manejo (Resende et al., 2002).

## **2.5 *Qualidade da água***

A água é um recurso de múltipla utilização. A dependência do homem por água em quantidade e qualidade torna-se cada vez mais importante ante a pressão de uso imposta pelo

crescimento demográfico, aumento das áreas incorporadas à agricultura, instalação de complexos industriais e outros (Campos et al., 2003).

Desta maneira, a água potável para o consumo humano nos seus mais diversos fins merece especial atenção, por ser um produto escasso com crescente demanda. A preocupação com a qualidade da água deve ser uma constante, pois a complexidade no seu uso conduz à necessidade de se conhecer as fontes de água e os sistemas de bacias hidrográficas para assim garantir a proteção das nascentes e, em consequência, a qualidade da água.

Quando utilizamos o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água. Assim, a política normativa nacional de uso da água, como consta na resolução número 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), procurou estabelecer parâmetros que definam limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos.

Os corpos de água foram classificados em nove categorias, sendo cinco classes de água doce (salinidade inferior a 0,5%), duas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e duas classes salinas (salinidade superior a 30%). A classe "especial" é apta para uso doméstico sem tratamento prévio, enquanto o uso doméstico da classe IV é restrito, mesmo após tratamento, devido à presença de substâncias que oferecem risco à saúde humana.

A classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixe metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada (Merten e Minella, 2002).

A água, ao mover-se pelos diferentes compartimentos de uma microbacia, tem sua qualidade alterada, e qualquer alteração nas condições da microbacia hidrográfica pode causar alterações significativas na qualidade da água (Hatch, 1976; Arcova e Cicco, 1999; Anido, 2002).

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (Sopper, 1975). Estas áreas são reconhecidas como mananciais de mais elevada qualidade para o abastecimento doméstico, para a proteção das comunidades aquáticas e outros benefícios. Por outro lado, as práticas da exploração florestal podem produzir degradação de efeito prolongado na qualidade da água (Brown, 1988; O'Loughlin, 1994).

Assim, a qualidade da água em determinado ponto de um rio é produto da qualidade da água em um ponto anterior modificada por diversos fatores atuantes no trecho que separa os pontos, tais como as características físicas do leito do rio e suas características geomorfológicas, a misturas da água com qualidades diferentes, a presença de vegetação ciliar, o regime climático, a presença de comunidades e pelas interferências antrópicas (Sé, 1992; Arcova e Cicco, 1999; Anido, 2002).

Dentre outros parâmetros significativos de avaliação da qualidade da água a turbidez, a cor, e as concentrações de sedimentos em suspensão são parâmetros importantes tanto no que diz respeito ao processo de tratamento da água para fins de abastecimento público, quanto para o monitoramento das práticas de manejo florestal (Wetzel e Likens, 1991; CONAMA, 1992).

Turbidez é a característica que certas águas contendo material em suspensão apresentam, de resistirem a passagem de luz através de sua massa. A turbidez pode ser causada por uma variedade de material em suspensão tais como: argila, silte, matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis coloridos, plancton e outros organismos microscópicos (APHA, 1998).

A cor da água é função tanto da presença de íons metálicos (principalmente dos elementos Fe e Mn), húmus (ácidos húmicos, etc) e pequenas partículas (argilas, colóides), plâncton, algas e resíduos industriais, parte dos quais podem ser removidos por infiltração (APHA, 1998; Anido, 2002).

Os sólidos em suspensão referem-se às porções de materiais retidas nos filtros depois da passagem de uma amostra de água (Hem, 1970; APHA, 1998). Certas quantidades de sedimentos em suspensão são naturais em algumas microbacias, mas podem incrementar-se muito em decorrência de alguns eventos naturais, como os incêndios, principalmente em áreas florestais, ou na ação do homem na utilização indevida do solo (Brikley e Brown, 1993).

Experimentos em microbacias têm esclarecido a respeito da magnitude dos efeitos do manejo florestal sobre qualidade da água. Nas práticas silviculturais de reflorestamento e colheita florestal, os maiores impactos são causados pelos sedimentos provenientes das estradas e carregadores, como verificado em vários estudos (Lull e Reinhart, 1972; Anderson et al., 1976; Brinkley e Brown, 1993; Swift, 1998).

## ***2.6 Características fisiográficas de interesse hidrológico***

As características físicas de uma bacia hidrográfica são todos aqueles dados de sua superfície que podem ser extraídos de forma direta ou indireta (através de índices) de mapas e produtos do sensoriamento remoto (Chaves, 2002).

As características fisiográficas ou físicas do relevo, da rede de drenagem e das bacias hidrográficas têm sido, desde a metade do século XX, a partir dos trabalhos de Horton (1945), Strahler (1957; 1958), largamente utilizadas em estudos geomorfológicos e de hidrologia superficial (Chaves, 2002).

Para Pissarra et al. (2004) é necessária uma análise morfológica da bacia hidrográfica, para que as formas possam ser separadas, descritas quantitativamente e comparadas de região para região. Em seguida, estuda-se a formação da bacia hidrográfica, que depende da natureza dos processos de escoamento e infiltração da água das chuvas, porque a relação infiltração/deflúvio influencia, de modo determinante, a ação de escavamento do vale e elucida a relação entre a rede de drenagem e a bacia por ela drenada.

Neste contexto, as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. Portanto, estão entre as classes de informações morfológicas que determinam diferenças essenciais entre distintas paisagens, como relatam estudos clássicos desenvolvidos por Horton (1945), Strahler (1957), França (1968), Christofolletti (1978)

As características do padrão de drenagem repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada unidade de solo. Em locais onde a infiltração é mais dificultada, ocorre maior escoamento superficial, sendo possível maior esculturação da rede hidrográfica, tendo como consequência uma densidade de drenagem mais alta. Demattê e Demétrio (1996a,b) analisaram estas características na discriminação de unidades de solos e concluíram que há estreita correlação entre a densidade de drenagem e determinados atributos morfológicos, químicos e mineralógicos, ligados à intensidade de intemperismo dos solos estudados.

As características do relevo caracterizam diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem diversos processos superficiais e subsuperficiais, como o fluxo de materiais na superfície (erosão) e em profundidade (infiltração, lixiviação e translocação) (Abrahão e Mello, 1988).

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo coeficiente de rugosidade (CR), obtido pelo produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da microbacia (Campos, 1997; Rocha, 1997). Comparando resultados de CR, Campos (1997) determinou classes de risco de degradação resultando no uso potencial do solo para a agricultura, pecuária ou reflorestamento, e observou que quanto maior CR, maior será o risco de degradação na microbacia.

Entretanto, a obtenção dos parâmetros que descrevem a paisagem era, até há pouco tempo, um processo demorado e trabalhoso, pois se tratava de uma atividade estritamente manual. Desta forma, questionava-se o uso de modelos ou métodos que requeriam medidas precisas das características da superfície, pois as melhorias na eficiência do uso desses modelos não justificavam o tempo gasto para obtenção de tais parâmetros (Wang e Yin, 1997).

O desenvolvimento de modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes e de técnicas mais precisas de extração de drenagem numérica e delimitação de bacias hidrográficas propiciou o uso dos sistemas de informações geográficas para obtenção automática de outros parâmetros necessários para descrição da superfície terrestre (Chaves, 2002).

### ***2.7 Uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) no planejamento de micro-bacias hidrográficas***

De forma geral, os planejamentos ambientais são elaborados como sistemas estruturados que envolvem etapas distintas (Santos et al., 1997). Cada etapa compreende uma série de procedimentos que comumente são desenvolvidos usando-se metodologias cujos arcaibouços originaram-se dos planejamentos urbanos e rurais, sistemas de avaliação de recursos hídricos e avaliações de impacto ambiental. Estas etapas, bem como o conjunto de métodos adotados dependem, em muito, do tipo de planejamento ambiental que se está objetivando. No entanto, independentemente dos objetivos do planejamento, é comum a utilização de uma exaustiva coleção de dados ambientais, que são manuseados entre as etapas de diagnóstico e seleção de alternativas, ou seja, aquelas que se utilizam de métodos que envolvem análise espacial, sistemas

de listagens, matrizes e modelos (Santos et al, 1997). Em um SIG estas estratégias podem ser encadeadas ou combinadas.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento tem como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados (Câmara e Medeiros, 1998).

O domínio de aplicações em SIG está se ampliando cada vez mais, acompanhando a evolução dos dispositivos de coleta de dados e as facilidades computacionais em geral. De acordo com Silva e Carvalho Filho (1995), os procedimentos em que o SIG é utilizado podem ser agrupados em procedimentos referentes ao diagnóstico de situações existentes e de possível ocorrência e os procedimentos de prognose, nos quais são feitas previsões (Alves et al., 2000).

O gerenciamento de recursos agrícolas é uma área de destaque para os SIGs. Assad e Sano (1993) apresentam inúmeros exemplos de aplicações na agricultura, tais como zoneamento agrícola e a identificação de épocas de estiagem. Os mesmos autores também descrevem o uso de SIG no planejamento de microbacias hidrográficas, considerada pelos mesmos como a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais.

A integração de dados para o planejamento territorial em sub-bacias com sistemas de informação geográfica tem sido experimentada sob variadas formas. Dados estruturados em imagens “raster” ligados a precipitação pluvial, solos, relevo e propriedades da vegetação, são sobrepostos para executar, de forma espacializada, análises do potencial e das fragilidades do terreno (Valeriano, 2003a).

A operação de modelos analíticos com planos de informação sobrepostos em SIG é feita com operações entre os chamados Modelos Digitais do Terreno (MDT), dos quais o Modelo Digital de Elevação (MDE) é um exemplo evidente de utilização (Valeriano, 2003b). Os dados topográficos são fonte de muitas variáveis importantes e frequentemente solicitadas nas análises ambientais aplicadas a sub-bacias. Os estudos envolvendo dados topográficos têm sido aplicados a caracterização de unidades de paisagem com base em variáveis morfológicas, estreitamente ligadas a feições geométricas da superfície sob análise (DoornKamp e King, 1971; Meijerink, 1988).

A disponibilidade crescente de bases topográficas digitais, aliada ao uso de SIG, tem impulsionado o desenvolvimento de métodos automáticos de extração de variáveis topográficas, para posterior tratamento e integração em ambiente computacional (Valeriano, 2003b).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### ***3.1 Localização e caracterização da área***

A bacia hidrográfica do córrego Zerede (BHCZ), que por sua vez compõe a bacia do rio Doce, está, na sua maior parte, inserida na Fazenda Maanaim, no município de Timóteo, na região do vale do rio Doce, Estado de Minas Gerais, (Figura 01) nas coordenadas geográficas: 19° 30' 36" Latitude Sul e 42° 38' 16" Longitude Oeste.

O clima é tropical de altitude com chuvas de verão, verões quentes chuvoso com inverno seco (Cw), da classificação de Köppen. Os verões são quentes com temperaturas máximas médias de 38 °C e invernos secos com temperaturas mínimas médias de 8 °C. A precipitação anual varia entre 1300 a 1500 mm e a umidade relativa varia entre 53% a 90%.

A Fazenda Maanaim possui uma área de aproximadamente 135 ha. O relevo é predominantemente montanhoso a forte ondulado com uma altitude média de 420 m, sendo que o ponto mais alto está a 647 m de altitude (Figura 02).

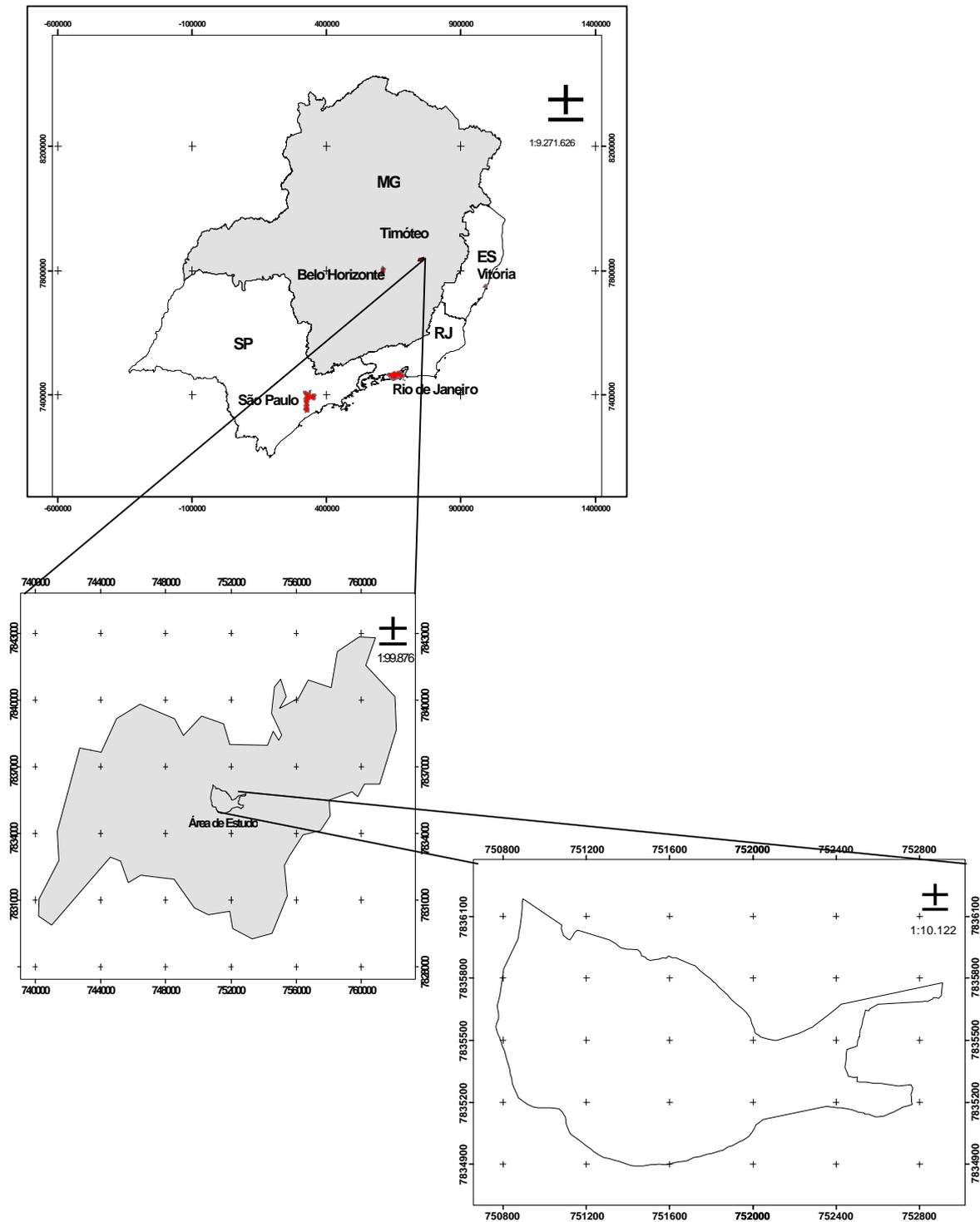


Figura 1 - Localização da Fazenda Maanaim, município de Timóteo – Minas Gerais.

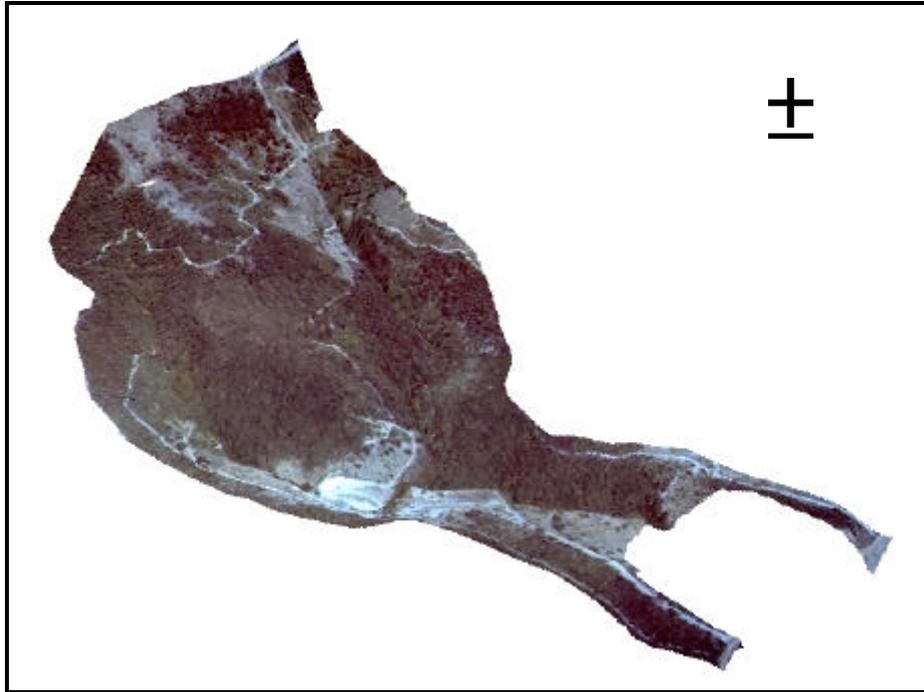


Figura 2 – Vista aérea em terceira dimensão da Fazenda Maanaim, Timóteo – MG, 2005.

### ***3.2 Atividades de Campo***

#### **3.2.1 Seleção de locais para amostragem, coleta de amostras e descrição morfológica dos solos**

No processo de amostragem selecionaram-se as unidades fisiográficas representativas da bacia, baseado em conhecimento de campo da área e com ajuda de fotos aéreas, e descreveram-se perfis de solo (trincheira), em locais representativos. Posteriormente, fez-se à descrição morfológica do perfil (Lemos e Santos, 1996) e coleta de amostras de solo de cada horizonte para análises laboratoriais.

As amostras para análise de densidade foram coletadas nas profundidades de 10 e 75 cm, com auxílio de um anel de aço (Kopecky).

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira (2,0 mm), obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

Os perfis descritos (Figura 03) foram classificados no Atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).



Figura 3 – Paisagens e perfis descritos na BHCZ, Timóteo – MG, 2005.

### 3.2.2 Medição da precipitação e vazão

Foi instalado na bacia um pluviômetro confeccionado em PVC (Figura 04), com área de captação de 163 cm<sup>2</sup>, em ambiente aberto para não ter interferência de vegetação ou qualquer

outro fator que viesse a prejudicar a captação de água da chuva. A medição foi realizada com ajuda de uma proveta graduada sendo realizada entre 9:00h e 11:00h de cada dia.

Paralelamente a esses dados, adquiriram-se dados de precipitação de 2002 a 2005, para a região de Timóteo – MG, junto ao SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.



Figura 4 – Pluviômetro instalado na BHCZ, Timóteo – MG, em 2004.

As medições de vazão foram realizadas mensalmente, sendo estas na foz da bacia hidrográfica. Os dados de vazão foram medidos mensalmente pelo método direto ou volumétrico (Scardua, 1977). Este método é o de mais fácil aplicação e o mais exato, mas só é viável para pequenas vazões, pois se baseia no tempo gasto para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente de volume conhecido.

Em épocas de cheia, ou para lugares onde não era possível aplicar o método direto, foi utilizado o método do flutuador (Scardua, 1977). Este método consiste em determinar a vazão deixando um objeto de peso conhecido percorrer uma distância conhecida (por exemplo um metro) por uma área de secção transversal (profundidade e largura) também conhecida. Apesar deste método ser menos preciso que muitos outros, ele é normalmente utilizado onde se torna

impraticável a aplicação de diferentes métodos, dando uma idéia razoável da vazão do curso. Na aplicação deste método, a determinação da área da secção transversal se faz por meio de medições diretas, isto é, determina-se a profundidade do curso d'água em vários pontos da secção escolhida. Desse modo consegue-se fazer o levantamento do perfil da secção de escoamento e o cálculo de sua área.

### **3.2.3 Levantamento topográfico**

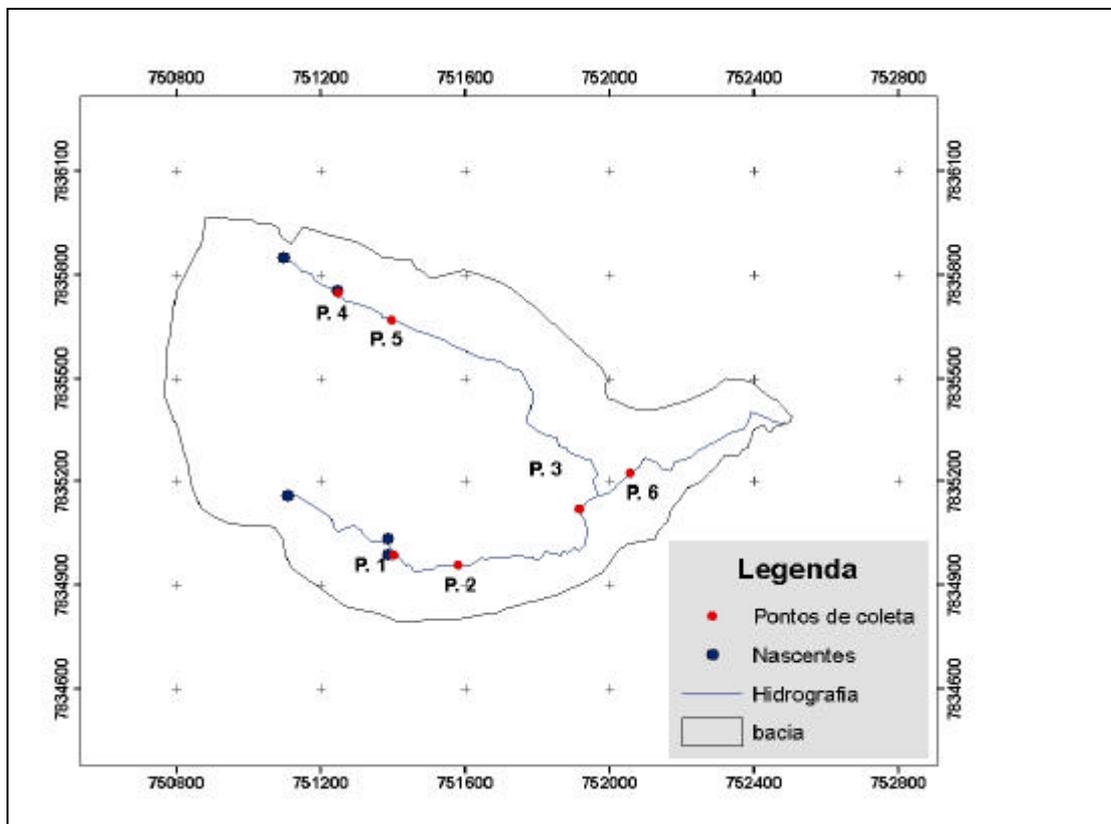
Foi realizado um levantamento planialtimétrico da fazenda em março de 2005, onde utilizou-se um receptor GPS diferencial modelo ProXRS da Trimble. O levantamento foi cumprido em 7 dias sendo que diariamente os dados armazenados no aparelho eram transferidos para um microcomputador usando o programa computacional Pathfinder Office 2.9.

A base de dados utilizada para correção dos pontos colhidos com o GPS foi o da estação de monitoramento contínuo de Viçosa-MG por ser o mais próximo da área de estudo.

Esta base está localizada no município de Viçosa-MG e consiste em um pilar de concreto dotado de um dispositivo de centragem forçada, localizado no Campus da Universidade Federal de Viçosa. Suas coordenadas oficiais (SAD-69) são: Latitude: - 20° 45' 39.6537'' S e Longitude: - 42° 52' 10.4763'' W com a altura do elipsóide de 678,083 m. O aparelho receptor (GPS) é da marca TRIMBLE modelo 4000SSI.

### **3.2.4 Coleta das amostras de água**

Foram coletadas amostras de água em duas ocasiões diferentes, sendo uma no dia 30 de Março de 2005 e a outra no dia 6 de Junho de 2005, sendo que em todas as duas ocasiões as coletas foram realizadas entre às 10:00 e 12:00 horas e no mesmo dia encaminhadas para Laboratório onde foram armazenadas em freezer até a conclusão das análises. Foram determinados, dentro da área de estudo, seis locais para se proceder a amostragem que representaram as diversas condições encontradas na localidade (Figura 5).



**Figura 5** – Localização dos pontos de coleta de água ao longo do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Assim, o ponto 1 (Figura 6a) recebe água de três nascentes e o ponto 4 (Figura 6d) recebe água de duas outras nascentes. O ponto 2 (Figura 6b) está logo acima de um açude no qual algumas aves aquáticas se banham, além de estar em uma área aberta, ou seja, desprovida de mata ciliar. O ponto 3 (Figura 6c) está logo abaixo da saída do açude. Por conta de uma reforma no açude a água foi desviada do seu leito normal. O ponto 5 (Figura 6e) está próximo ao ponto 4, porém entre esses dois pontos há um canal de chegada de escoamento da água de chuva. O ponto 6 (Figura 6f) recebe água das duas sub-bacias.



Figura 6 – Aspectos de cada ponto amostrado para as análises de água da BHCZ em Março de 2005. a – ponto 1; b – ponto 2; c – ponto 3; d – ponto 4; e – ponto 5; f – ponto 6.

Para as coletas de água para as análises físicas e químicas utilizou-se de frascos de 1L cedidos pelo Laboratório de Meio Ambiente do Setor de Papel e Celulose da UFV. Estes frascos já estavam em condições de uso, estando limpos e esterilizados. Para cada ponto foi coletado 2L de amostra. Posteriormente a cada coleta, as amostras foram armazenadas em uma caixa de isopor contendo pequenas bolsas de gelo, para manter a temperatura baixa, e conduzidas a laboratório.

Para as coletas de água para análises biológicas utilizou-se de frascos fornecidos pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos, seguindo o mesmo procedimento para armazenamento e transporte das amostras refrigeradas.

O Oxigênio Dissolvido (OD) e a temperatura foram determinadas no próprio local de coleta fazendo-se uso de um Oxímetro da Marca WTW modelo 315i. O próprio oxímetro forneceu os dados de temperatura da água (Figura 7).



Figura 7 – Oxímetro utilizado para determinações de oxigênio dissolvido e temperatura da água em condições de campo.

### **3.3 Atividades de Laboratório**

### **3.4 Análises de solos**

#### **3.4.1 Análises físicas do solo**

Tanto a granulometria quanto a densidade do solo foram realizadas utilizando-se da metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), no laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

#### **3.4.2 Análises químicas do solo**

As amostras de solos coletadas foram conduzidas ao laboratório de Rotina de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, onde foram determinados o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis extraídos em solução KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por titulação; potássio e sódio extraídos com solução de Melich-1 e determinados por fotometria de chama, (EMBRAPA, 1997); fósforo disponível extraído com solução de Melich-1 e determinados por colorimetria; pH em H<sub>2</sub>O, relação 1:2,5, TFSA:H<sub>2</sub>O, todos conforme EMBRAPA (1997). O carbono orgânico foi determinado pelo processo de Walkley e Black (Defelipo e Ribeiro, 1981).

O fósforo remanescente (P rem) foi analisado por colorimetria após tratamento das amostras com uma solução de 60 mg L<sup>-1</sup> de P e 0,01 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub> (Alvarez V. et al., 1993).

#### **3.4.3 Análises físicas químicas e biológicas da água**

As amostras de água coletadas para as análises microbiológicas foram processadas no Laboratório de Microbiologia – DMB/UFV, enquanto que as amostras de água coletadas para as análises físicas e químicas foram processadas no laboratório de Meio Ambiente do Setor de Papel e Celulose – DEF/UFV. Assim, foram determinados em Laboratório os índices de turbidez, cor,

pH, condutividade, OD (oxigênio dissolvido), DQO (demanda química de oxigênio) e DBO<sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxigênio).

A determinação da turbidez foi feita pelo método padrão nefelométrico que se baseia na medida da intensidade de luz desviada das partículas da amostra comparada com a intensidade desviada por uma suspensão padrão (APHA, 1998). Quanto maior a intensidade desviada maior a turbidez. As medidas são dadas em unidades de turbidez nefelométrica (nephelometric turbidity units – NTU). Para tal, utilizou-se um turbidímetro de leitura direta, da marca Digimed, modelo DM-C2. O aparelho estava calibrado para realizar medidas de até 1000 NTU. Para amostras que excederam este valor foi feita uma diluição até atingir o objetivo de efetuar a leitura. Para estas amostras utilizou-se a seguinte forma:

$$\text{Turbidez} = A \times f$$

Onde:

Turbidez = NTU (unidade nefelométrica de turbidez)

A= leitura do aparelho

f = fator de diluição.

O pH e a condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) foram determinados, respectivamente, por leitura direta em um pHmetro e condutivímetro digital ambos da marca Digimed.

A determinação da cor foi realizada com base no método utilizado pelo Laboratório de Meio Ambiente – DEF/UFV. Foram utilizados 100 mL de cada amostra que tiveram o pH corrigido para 7,6 com a ajuda das soluções de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1M) e NaOH (1M). O volume acrescido nas amostras com os reagentes não passaram de 1% do volume da mostra (100 mL). Após o pH das amostras estar ajustado, elas foram filtradas em Membrana de Filtragem de Celulose Regenerada, da marca Schleicher & Schuell. Para facilitar a filtragem fez-se uso de uma bomba a vácuo adaptada no próprio laboratório. Após a filtragem o pH das amostras foi novamente corrigido para 7,6, uma vez que as amostras podiam ter o pH alterado com a filtragem. Após a correção do pH, efetuou-se a leitura da cor das amostras em um espectrofotômetro ajustado para uma absorbância igual a zero, em um comprimento de onda de 465nm, utilizando água destilada como “branco”.

Para determinação da DQO, expressa em mg O<sub>2</sub> consumido/L da amostra sob as condições padronizadas do teste, foi colocado em uma cubeta, com ajuda de pipetas automáticas, 3,5 mL da solução A (mistura de sulfato de prata com sulfato de mercúrio) e 1,5 mL da solução B (dicromato em meio ácido) e em seguida 2,5 mL da amostra de água (filtrada). Para o branco substituíram-se os 2,5 mL das amostras por 2,5 mL de água destilada. As cubetas foram colocadas para reação no termoreator (TR 205) por 2 horas a 148 °C. Após este tempo as amostras ficaram esfriando por 15 minutos e medidas no espectrofotômetro (comprimento de onda de 605 nm). A equação utilizada para calibração da DQO foi:

$$\text{EQUAÇÃO DQO}(\text{mg L}^{-1}) = (\text{ABS} + 0,0244)/0,0004$$

A DBO<sub>5</sub> (expressa em mg O<sub>2</sub>/L) foi realizada conforme os resultados obtidos com a DQO (Quadro 01), ou seja, só foram realizados teste de DBO<sub>5</sub> nas amostras que tiveram resultados detectados para DQO.

Utilizou-se o método respirométrico simplificado – OXITOP (APHA, 1998) o qual baseia-se numa a mostra transferida (proveta) para dentro de uma garrafa âmbar, sob quantidade suficiente de microorganismos e nutrientes, a temperatura controlada de 20 ±1°C. Por meio de agitação o oxigênio presente na câmara de ar se dissolve no líquido. Os microorganismos respiram este oxigênio dissolvido na amostra, durante o processo de degradação da matéria orgânica, exalando gás carbônico. O gás carbônico é absorvido pelo hidróxido de sódio, contido na chupeta de borracha, produzindo uma diferença de pressão na garrafa, que é medida pelo sensor OXITOP, cujo sistema contém este instrumento digital.

Os reagentes utilizados em cada amostra foram: solução traço micro – elementos (1 mL), solução tampão de Fosfato (1 mL), solução cloreto Amônio (1 mL), solução cloreto de Cálcio (1 mL) e solução Cloreto Férrico (1 mL).

Quadro 1 – Fatores de escala segundo volumes e DBO esperado.

DBO esperada (mg L <sup>-1</sup> )	Volume a tomar da amostra (mL)	Fator de escala Oxitop
0 – 40	432	1
0 – 80	365	2
0 – 200	250	5
0 – 400	164	10
0 – 800	95	20,1
0 – 2000	43,5	50,3
0 - 4000	22,7	100,5

### 3.5 *Atividades de Escritório*

#### 3.5.1 Geoprocessamento

A grande maioria dos softwares que geram modelos digitais de elevação necessita que os dados digitais de entrada estejam consistentes e com qualidade e estrutura mínima aceitáveis.

Dessa forma os procedimentos adotados visaram a preparação dos arquivos digitais, que na estrutura do Arcinfo são denominados de coverages ou pastas. Para isso foram realizadas operações manuais e automáticas, sendo estas últimas através da implementação de rotinas para otimização dos processos.

#### **Base de dados**

Como descrito anteriormente, a base de dados utilizada foi adquirida através de levantamento planialtimétrico realizado com um receptor GPS diferencial modelo ProXRS da Trimble. Os dados coletados e armazenados no aparelho foram transferidos para um microcomputador utilizando-se do software Pathfinder Office 2.9.

Estruturação da base de dados

Os dados processados pelo software Pathfinder Office 2.9 foram exportados para software AutoCAD Map 2000i onde se iniciou o tratamento dos dados. Dentre a grande massa de dados (Figura 8) definiu-se três arquivos que seriam a base para todos os demais processos a se realizar. A saber foram:

Arquivo 1: Pontos cotados – Este arquivo armazenou as informações de altitude e localização de cada ponto cotado;

Arquivo 2: Hidrografia – Através deste arquivo definiu-se o leito do córrego desde as nascentes até a sua “foz” no limite da propriedade;

Arquivo 3: Limite – Através deste arquivo definiu-se os limites da bacia hidrográfica.

Uma vez os arquivos prontos, efetuou-se, através do aplicativo ArcToolbox do software Arcgis 9.0, a conversão dos formatos dwg (dados advindos do AutoCad map) para o formato shape.

No aplicativo ArcMap, do software ArcGis 9.0, utilizou-se à ferramenta “editor” para digitalizar (ligar os pontos de interesse) o arquivo hidrografia, criando uma nova *shape* com a hidrográfica em arcos, ou seja em linha (Figura 9a). O mesmo método foi utilizado para ligar o polígono relativo ao limite da propriedade (Figura 9b).

Após término, converteram-se os três arquivos (pontos cotados, limites e hidrografia) do formato shapefile para o formato coverage, com suporte do aplicativo Arctoolbox, deixando-os em modo de entrada do aplicativo TOPOGRID do software ArcInfo Workstation<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Módulo do software de sistema de Informações Geográficas ArcGis, desenvolvido pelo Environmental Systems Research Institute, Inc. – ESRI.

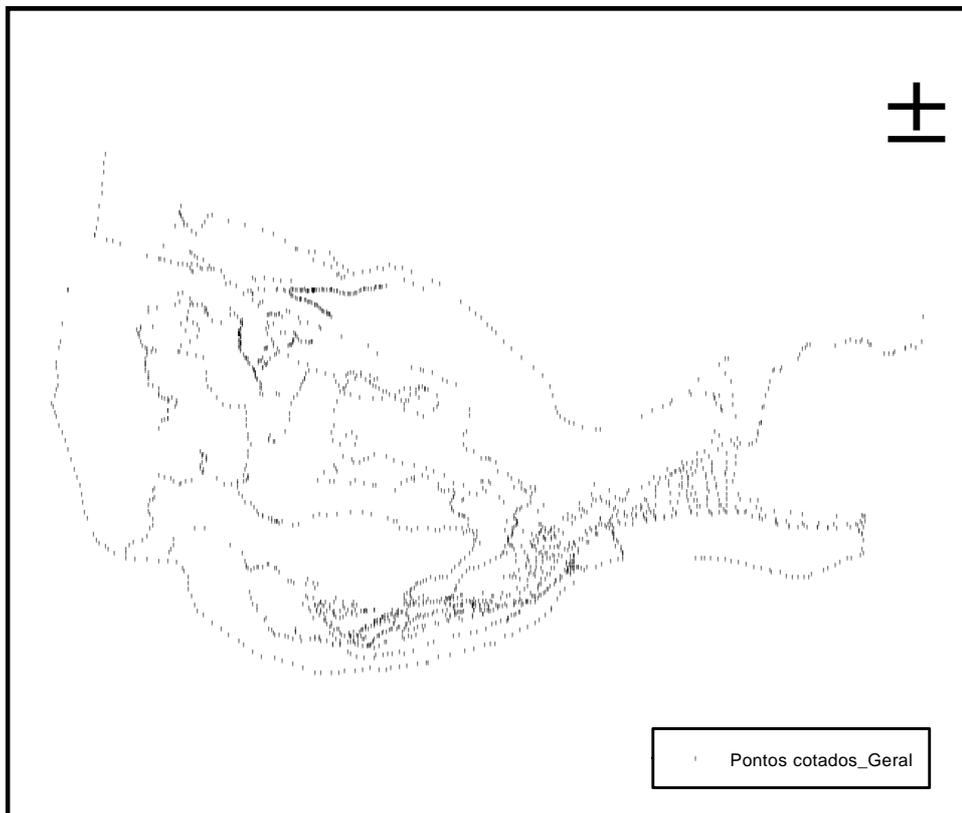


Figura 8 – Pontos cotados no levantamento planialtimétrico da área de estudo – aproximadamente 1900 pontos cotados – em fevereiro de 2005.

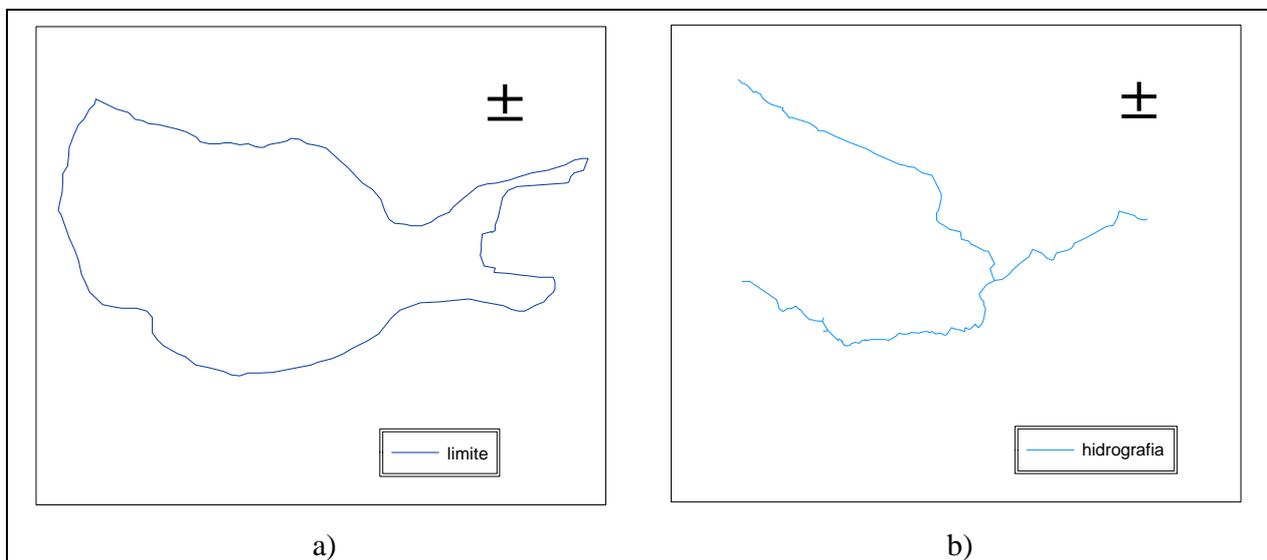


Figura 9 – Visualização da área limite (a) e hidrografia (b), após ligação dos pontos, na fazenda Maanaim, Timóteo – MG, 2005.

## **Desenvolvimento do Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Consistente (MDEHC)**

Uma vez produzidos os arquivos de entrada, tornou-se necessária a definição de parâmetros técnicos que controlam o processo de geração do MDE via TOPOGRID (Chaves, 2002).

Um desses parâmetros foi o de definir o tamanho da célula de saída do modelo (resolução). Para este trabalho foi definido o tamanho de três metros. Determinada a dimensão da célula de saída e de posse dos referidos dados, realizou-se a geração do MDEHC. Em seguida, foram realizadas operações de pós-processamento com a finalidade de identificar a ocorrência de imperfeições (depressões espúrias) no MDEHC. De acordo com Tribe (1992) e Garcia e Camarasa (1999), citados por Nascimento (2004), essas imperfeições são muito freqüente nos MDEs e derivam-se de erros presentes nos dados de entrada ou introduzidos no processo de interpolação. As falsas depressões constituem um problema importante na predição de modelos do escoamento, pois interrompem o escoamento superficial. Devem, portanto, ser removidas para se ter um MDE consistente sob o ponto de vista hidrológico. Para preenchimento dessas imperfeições utilizou-se o comando FILL, disponível no módulo Grid do software Arcinfo Workstation.

## **Delineamento das bacias de contribuição para cada segmento, cálculo da direção de escoamento e calculo do fluxo acumulado**

No Arcmap, aplicativo do ArcGis, e já de posse do MDEHC, aplicou-se o comando Watershed, com a ajuda da ferramenta *raster calculator*, obtendo-se assim, as bacias de contribuição, para cada segmento da hidrografia, em formato raster.

Os cálculos para direção de escoamento e fluxo acumulado procederam-se aplicando respectivamente os comandos *Flowdirection* e *Flowaccumulation*, também, com ajuda da ferramenta *raster calculator*.

## **Obtenção das características morfométricas básicas da Bacia e suas Sub-Bacias**

Todas as etapas foram efetuadas, primeiramente, para a bacia hidrográfica do córrego Zerede e posteriormente para suas duas sub-bacias.

Primeiramente, foram determinadas as características: área da bacia (A), comprimento total da rede de drenagem (Cr), perímetro da bacia (P) e maior comprimento da bacia (E). Este processo foi realizado utilizando-se o software Hidrodata 2.0 seguindo-se a metodologia proposta por Santos (2004).

### **Obtenção das características morfométricas de interesse hidrológico para a Bacia e suas Sub-Bacias**

Consideram-se dados morfométricos ou fisiográficos de uma bacia hidrográfica todos aqueles dados que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite (Tucci, 2001).

Neste estudo optou-se por trabalhar com as principais características morfométricas mencionados por diversos autores como, Strahler (1958), Horton (1945), Rocha (1997), Lima (1994), Tucci (2001), Pissarra et al. (2004). Com exceção da declividade média da área, todas as outras características, foram determinadas diretamente com o uso de suas respectivas fórmulas. Assim, trabalhou-se com as seguintes características:

1) **Ordem da Bacia** – Utilizou-se o método de ordenamento de Strahler (1957). Os canais primários (nascentes) são designados de 1ª ordem. A junção de dois canais primários forma um de 2ª ordem, e assim sucessivamente. A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste. A ordem do canal à saída da bacia é também a ordem da bacia.

2) **Padrão de Drenagem** - Dentro da bacia, a forma da rede de drenagem também apresenta variações (Cristofolletti, 1974). Em geral, predomina na natureza a forma dendrítica, a qual deriva da interação clima-geologia em regiões de litologia homogênea. Num certo sentido, considerando-se a fase terrestre do ciclo da água, pode-se dizer que a água procura evadir-se da terra para o mar. Assim fazendo, torna-se organizada em sistemas de drenagem, os quais refletem

principalmente a estrutura geológica local. A descrição qualitativa dos diferentes sistemas de drenagem pode ser observada de acordo com os esquemas da Figura 10. Estes chamados padrões de drenagem podem ser observados pelo exame de mapas topográficos de diferentes províncias geológicas (Lima, 1994).

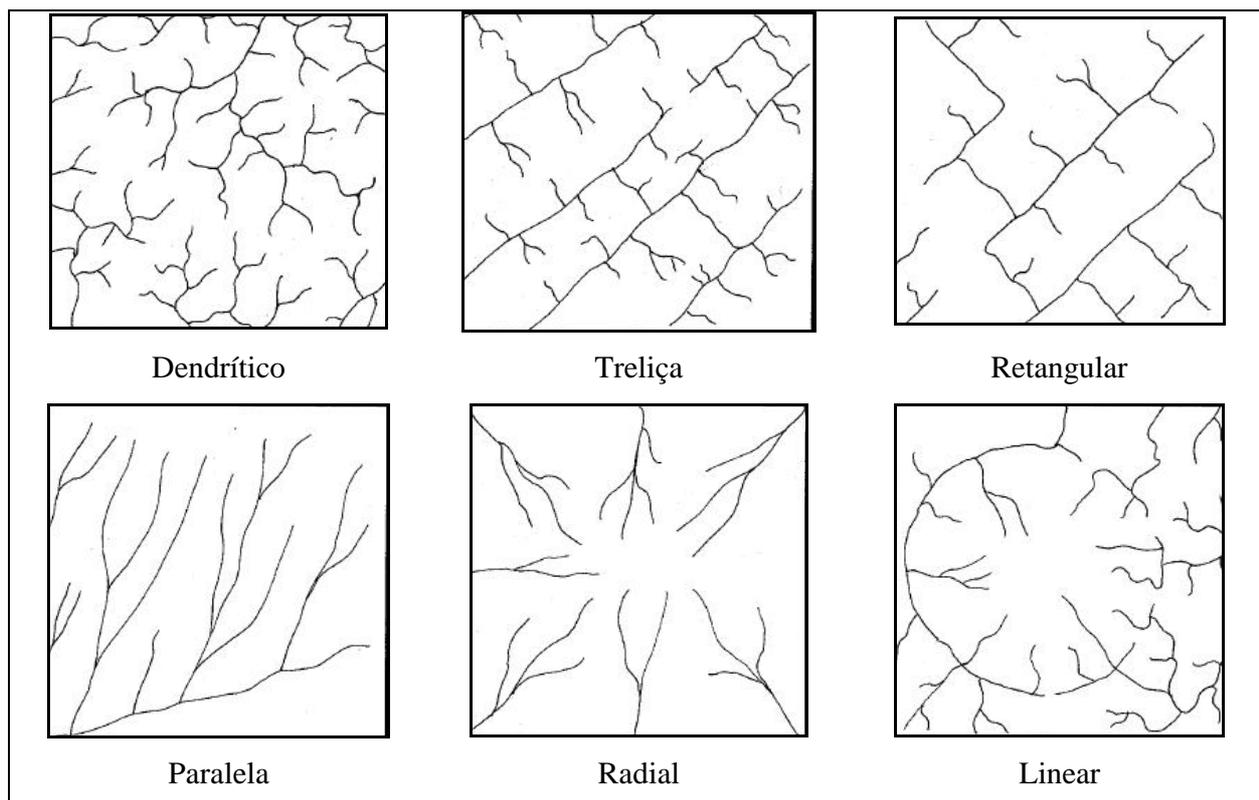


Figura 10 – Classificação dos padrões de drenagem segundo Christofolletti (1974).

3) **Densidade de Drenagem (DD)** – Segundo Horton (1932) é a relação entre o comprimento da rede de drenagem e a área da Bacia, dada pela fórmula:

$$DD \text{ (Km/Km}^2\text{)} = Cr/A$$

Onde:

DD = Densidade de Drenagem

Cr = Comprimento da Rede de Drenagem

A = Área da Bacia

Assim, a DD indica o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem e varia inversamente com a extensão do escoamento superficial, fornecendo uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Strahler (1957) classifica as bacias, quanto à densidade de drenagem, de 5,0 km/km<sup>2</sup>, para bacias com baixa densidade de drenagem, a 155,5 km/km<sup>2</sup> para bacias com densidade de drenagem muito alta.

4) **Fator de Forma (F)** - Segundo Horton (1932) é a relação ente a área da bacia (Km<sup>2</sup>) e o comprimento do eixo da bacia (Km) da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão, dada pela fórmula:

$$F = A/E^2$$

Onde:

F = Fator de Forma

A = Área da bacia

E = Maior Eixo da Bacia

O fator de Forma também indica maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia.

Uma bacia com um F baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho porém com maior F.

5) **Índice de Circularidade (IC)**- Outro índice de forma é o chamado Índice de Circularidade proposto por Miller em 1953 citado por Christofolletti (1974), Este índice é determinado pela relação entre a área da bacia e seu perímetro. Quanto mais próximo de um mais próximo da forma circular será a bacia. É dado pela fórmula:

$$IC = 12,57 * A / P^2$$

Onde:

IC = Índice de Circularidade

A – Área da Bacia

P = Perímetro da Bacia

6) **Amplitude Altimétrica (H)** – Segundo Strahler (1952), é a diferença entre o ponto mais baixo da bacia (foz) e o ponto de maior altitude sendo o resultado dado em metros.

7) **Razão de Elongação (Re)** – É a relação entre o diâmetro do círculo de área igual a área da bacia (A em Km<sup>2</sup>) e o comprimento do eixo da bacia (E), dados pela fórmula:

$$Re = (1,128 * A^{0,5}) / E$$

Onde:

Re = Razão de Elongação

A = Área da Bacia

E = Maior eixo da Bacia

8) **Índice de Compacidade (CC)** – Refere-se à relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho, quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual a unidade corresponderia a uma bacia circular (Mosca, 2003). Obtém-se esse valor através da fórmula:

$$CC = 0,2821 * P / A^{0,5}$$

Onde:

CC = Índice de Compacidade

P – Perímetro da Bacia

A = Área da Bacia

9) **Extensão do Percurso Superficial (Eps)** – Segundo Horton (1945) obtém-se este índice em função da densidade de drenagem de acordo com a fórmula:

$$\text{Eps (Km)} = 1/(2*DD)$$

Onde:

Eps = Extensão do Percurso Superficial

DD = Densidade de Drenagem

10) **Coefficiente de Manutenção (Cm)** – Segundo Schumm (1956) define-se este índice em função da Densidade de Drenagem, ou seja, a função Densidade de Drenagem proporciona uma estimativa da área mínima que é exigida para que o canal de drenagem possa se implementar e desenvolver. Em outras palavras, ainda, fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento e é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Cm (m}^2\text{)} = (1/DD) * 1000$$

Onde:

Cm = Coeficiente de Manutenção

DD = Densidade de Drenagem

11) **Declividade Média (S)** – Definiu-se este parâmetro de maneira automática através do aplicativo Arcmap do software ArcGis 9.0. Aplicou-se o comando Slope, com ajuda da ferramenta raster calculator, no grid MDEHC (em metros). Na tabela de propriedades, do arquivo raster gerado, coletou-se a declividade média do terreno. As classes de declividades geradas neste tema foram reclassificadas em sete intervalos distintos sugeridos por Bigarella e Mazuchowski (1985), como mostra o Quadro 02. Esta operação foi realizada utilizando a técnica de reclassificação disponível na extensão Spatial Analyst do ArcGIS 8.3.

Quadro 2 – Tipos de usos indicados a diferentes intervalos de classes de declive

<b>Declividade (%)</b>	<b>Discriminação</b>
< 1	Agricultura sem restrição
1 - 6	Agricultura intensiva e medidas de conservação ligeiras
6 – 12	Agriculturas com práticas de conservação moderadas
12 – 20	Agricultura de rotação, limite do trator e conservação intensiva
20 – 45	Culturas permanentes com restrições
45 -100	Sistemas florestais com restrições
> 100	Área de preservação obrigatória por lei

Fonte: Bigarella e Mazuchowski (1985)

### **Classificação do uso do solo e elaboração do mapa temático**

Para elaboração do mapa temático, a área da bacia foi percorrida para reconhecimento das classes de uso. Posteriormente foi utilizado o processo de interpretação das unidades de uso do solo por meio de aerofotos não-convencionais em cores, na escala aproximada de 1:10.000.

O mapa temático de uso do solo foi obtido por meio de digitalização, na escala aproximada de 1:10.000, em tela do SIG ArcGis 9.0 (ArcMap), no qual procedeu a quantificação de área das classes de uso do solo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 *Características Físicas da Bacia*

Os resultados das características morfométricas da bacia estão resumidos no Quadro 03.

A bacia hidrográfica do córrego Zerede possui uma área aproximada de 1,2 Km<sup>2</sup> e 6,2 Km de perímetro e é classificada, segundo Sthraler (1957), como uma bacia de ordem 2 (Figura 11). Assim, esta bacia pode ser classificada como uma bacia pequena, conferindo-a boas possibilidades de monitoramento dos fatores hidrológicos que ali ocorrem.

O padrão de drenagem determinado foi o Dendrítico, o que, segundo Lima (1994), é típico de regiões onde predomina rocha de resistência uniforme. O índice de densidade de drenagem de 2,64 km/km<sup>2</sup> é considerado baixo (< 5 km/km<sup>2</sup>). É um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia. Das características físicas, a rocha e o solo desempenham papel fundamental, pois determinam a maior ou menor resistência à erosão. Em geral, uma bacia com substrato predominante de arenito apresenta baixa densidade de drenagem (Morisawa, 1968). Para Lima (1994) os valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade.

Quadro 3 – Características físicas da BHCZ, Timóteo – MG, 2005.

<b>Tipo</b>	<b>Variável</b>	<b>Unidade</b>	<b>Índice</b>
Parâmetros Gerais	Área da Bacia	km <sup>2</sup>	1,218
	Perímetro da bacia	km	6,210
	Maior Comprimento da Bacia	km	1,750
Parâmetros de drenagem	Comprimento total da drenagem	km	3,223
	Padrão de Drenagem		Dendrítico
	Densidade de Drenagem	km/km <sup>2</sup>	2,64
	Ordem da Bacia		2
	Extensão do Percurso Superficial	km	0,19
	Coefficiente de Manutenção	m <sup>2</sup>	377,98
Forma da Bacia Hidrográfica	Fator de Forma	-	0,696
	Índice de Circularidade	-	0,397
	Índice de Compacidade	-	1,587
	Razão de Elongação	-	0,76
Parâmetros de Relevo e Elevação	Orientação	-	Sudeste
	Amplitude Altimétrica	m	376
	Altitude Média	m	437,44
	Declividade Máxima	%	150,31
	Declividade Mínima	%	0
	Declividade Média	%	55

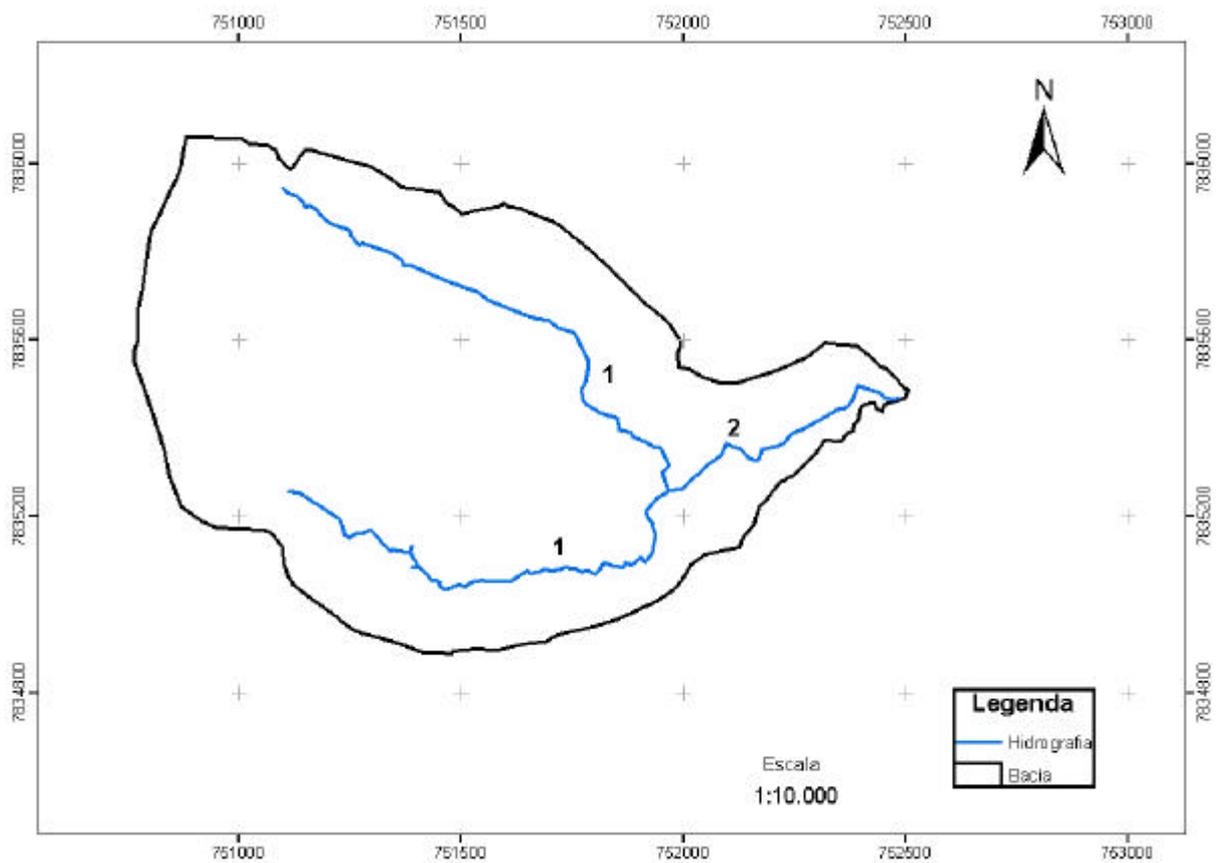


Figura 11 – Ordenamento dos cursos d’água da BHCZ, Timóteo-MG, 2005.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante devido ao tempo que, a partir do início da precipitação, a água leva para chegar dos limites da bacia à saída da mesma. Assim, observando-se os resultados das variáveis para forma da bacia nota-se que a bacia hidrográfica do córrego Zerede apresenta maior tempo de concentração de água da chuva pelo fato do coeficiente de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,587), o que indica ser uma área não muito sujeita a enchentes, e de seu fator de forma apresentar valor baixo (0,696), o que comprova o indicado pelo coeficiente de compacidade.

Simultaneamente ao índice de compacidade, o índice de circularidade (0,397) e a razão de alongação (0,76), também tendem para unidade a medida que a bacia se aproxima da forma circular, o que não é observado neste caso, ou seja, a bacia hidrográfica do córrego Zerede tende a

ter seus efluentes distribuídos regularmente ao longo do rio principal. Sendo assim, diminui a probabilidade de uma chuva normal causar uma enchente.

Observando-se a Figura 12 percebe-se que a altitude na bacia do córrego Zerede tem uma variação de 269 a 645 m, com uma amplitude de 376 m. Para Mosca (2003), a magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. Entretanto, embora observa-se neste caso uma amplitude altimétrica suficiente para proporcionar uma rápida velocidade de escoamento da água, o risco de enchente é baixo como já discutido anteriormente. Já o risco de erosão aumenta, o que deve ser levado em consideração na hora de fazer o planejamento de uso dessas áreas, uma vez que exigem cuidados especiais.

A altitude média encontrada foi de 437,44 m (Figura 13), sendo que praticamente 50% da área se encontra entre 326 e 450 m de altitude. A altitude média influencia a quantidade de radiação que a mesma recebe e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação.

Para Castro e Lopes (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é baixa e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água. Em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para evaporar a água. Além do mais, as altitudes elevadas tendem a receber maior quantidade de precipitação, além da perda de água ser menor. Nessas regiões, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando, dessa forma, um suprimento de água que mantém o abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pelas nascentes dos cursos d'água.

Outro ponto importante é a grande amplitude altimétrica (375 metros) e conseqüentemente as altas declividades do terreno, o que o torna muito sujeito à erosão. Em áreas acidentadas como estas, a água possui muita energia para transporte, o que torna necessário em estradas a sua canalização até o talvegue, de forma a reduzir a erosão.

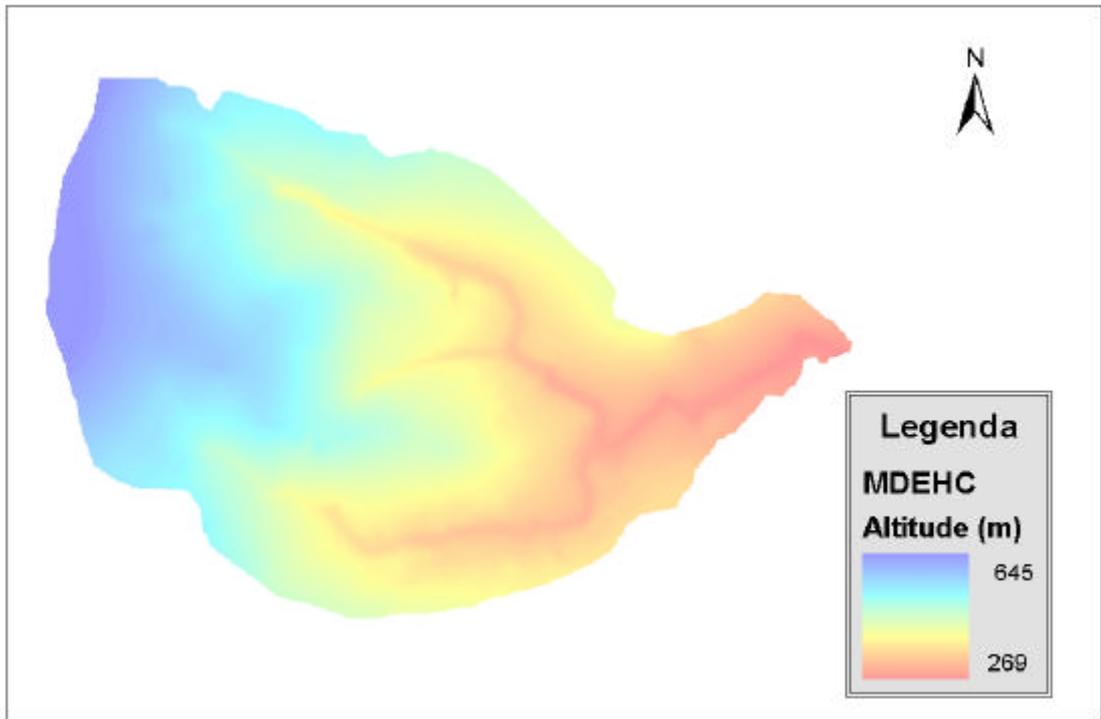


Figura 12 – Variação altimétrica da BHCZ determinada pelo modelo digital de elevação hidrofaticamente consistente – MDEHC do terreno.

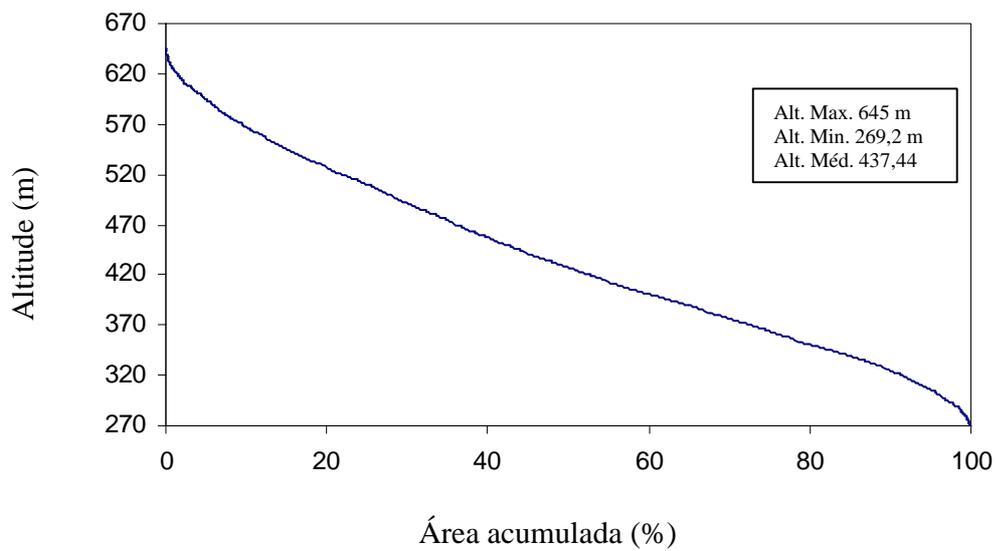


Figura 13 – Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005.

A declividade média de uma bacia hidrográfica tem importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. Fatores como a ausência de cobertura vegetal, classes de solos, intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação.

As características de declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede podem ser observadas na Figura 14. A variação da declividade (%) foi de 0 a 150, com uma média de 55%, o que segundo a EMBRAPA (1977) caracteriza um relevo montanhoso (45-75%) a muito montanhoso (> 75%), entretanto os maiores valores encontrados estão localizados nos talwegues a uma distância próxima de 30 metros do leito do córrego. Isso fica bem ilustrado quando sobreposto, ao leito do córrego, uma margem (buffer) de 30 metros de cada lado do mesmo (Figura 14). Observa-se que a faixa mais escura (em azul) fica, em sua maior parte, concentrada dentro da margem sobreposta.

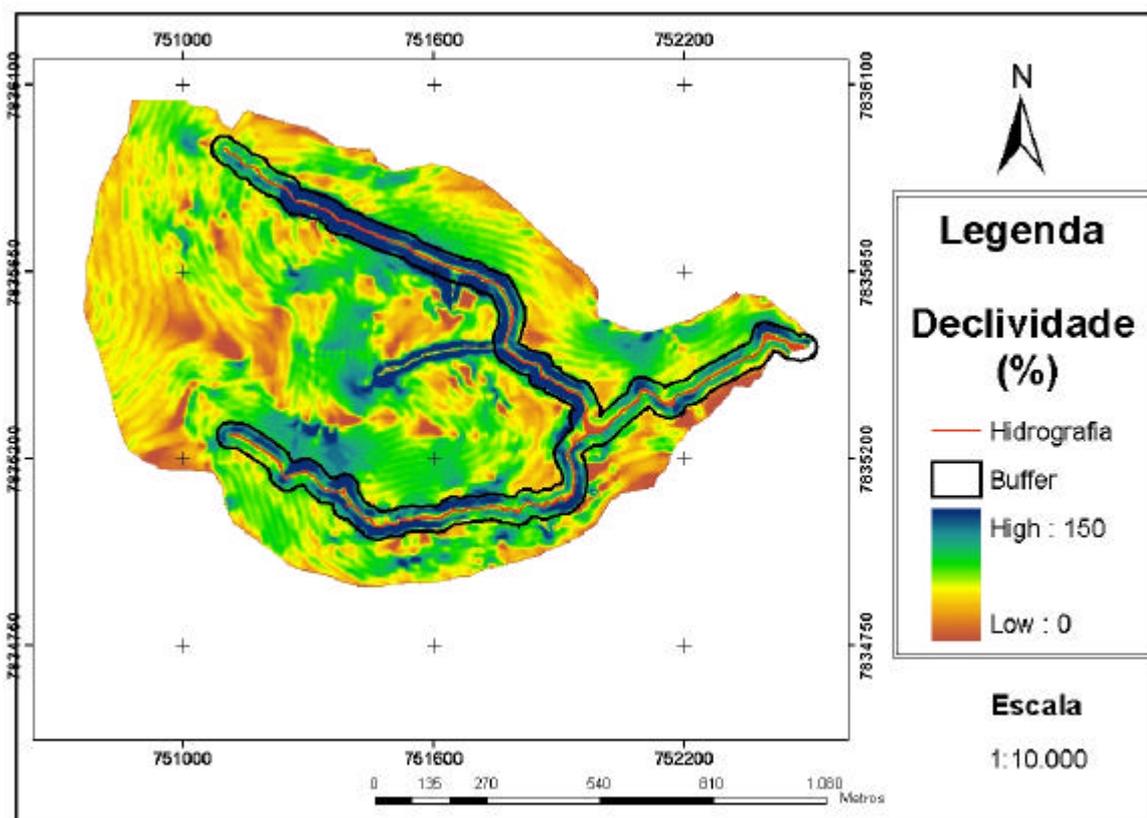


Figura 14 – Declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, com sobreposição de uma margem de 30 m na hidrografia.

A Figura 15 mostra uma reclassificação para o mapa de declividade, onde enquadraram-se os diferentes intervalos das classes de declive em tipos de usos mais indicados para estas áreas. Para tal, seguiu-se à classificação proposta por Bigarella e Mazuchowski (1985). Observa-se que 96% da área está a uma declividade acima de 20% (Quadro 04). Nestas áreas torna-se impraticável o uso de tratores, sendo muito limitada a prática da agricultura, ficando-se restrito a algumas culturas perenes, pastagens e/ou reflorestamento. Entretanto apenas 4 % da área está acima de 100% de declividade sendo consideradas como áreas de preservação permanente<sup>2</sup>. Alvarenga e Paula (2000) argumentam que áreas acima de 45% de declividade (66% do total da área neste caso) são

<sup>2</sup> O Artigo 2º da Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965 – Código Florestal – considera como preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas, entre outras áreas, nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

apropriadas apenas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou para fins de armazenamento de água.

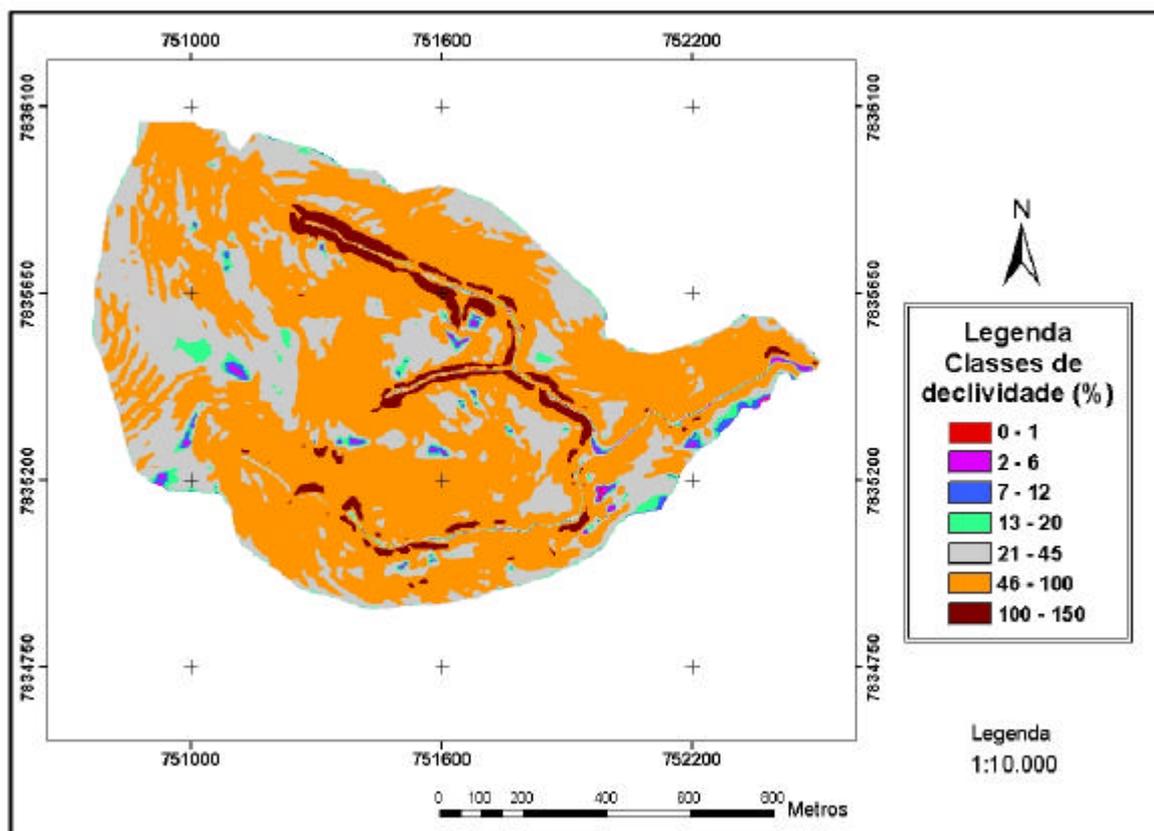


Figura 15 – Declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG, reclassificado segundo Bigarella e Mazuchowski (1985).

Quadro 4 – Distribuição, em termos de área, dos intervalos de declividade da bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Declividade (%)	Área (ha)	Área (%)
< 1	0,09	0,07
1 - 6	0,55	0,45
6 - 12	1,20	0,98
12 - 20	2,84	2,33
20 - 45	36,67	30,10
45 – 100	75,41	61,91
> 100	5,04	4,14
	121,80	100,00

Outro fator importante, quanto aos parâmetros de drenagem, é a orientação da bacia. O fator orientação afeta as perdas por temperatura e evapotranspiração, devido a sua influência sobre a quantidade de radiação solar recebida pela bacia. Esta pode, sem dúvida, afetar as relações entre a precipitação e o deflúvio. Por exemplo, na Estação Experimental Hidrológica de Coweeta, nos Estados Unidos, foi verificado que bacias de orientação norte e orientação sul respondem diferentemente ao mesmo tratamento experimental aplicado (Lima, 1994).

No hemisfério Sul, as bacias com orientação Leste – Oeste recebem maior quantidade de calor do que as de orientação Norte – Sul, uma vez que o sol se movimenta de Leste para Oeste. O significado quantitativo em termos de produção de água das nascentes, quanto às diferenças nas orientações Norte – Sul, Leste – Oeste das bacias é ainda muito desconhecido, no entanto, nessas diferenças devem ser levados em consideração os diferentes tipos de cobertura vegetal, já que nas bacias de orientação Leste deve-se esperar maiores taxas de evapotranspiração. Em resumo, as nascentes de orientação Sul e Norte são conservadoras de umidade, ao passo que as de Leste e Oeste são dispersoras. Assim, como a bacia apresenta a orientação Sudeste, espera-se uma maior evapotranspiração da bacia e conseqüentemente uma menor produção de água.

Entretanto, quando uma bacia possui orientação em uma determinada direção, por exemplo Leste – Oeste, é natural que as faces de declividade do terreno estejam mais orientadas para o Sul e Norte. A orientação das faces de declividade, da bacia hidrográfica do córrego Zerede podem ser observadas na Figura 16. Observa-se que 22,71% da área tem exposição das faces voltadas para o Nordeste (Quadro 05), além de que as direções Nordeste, Leste e Sudeste, juntas, representam 62 % de toda área o que indica que apesar desta bacia ter orientação Sudeste, suas faces estão mais expostas ao sol na parte da manhã (6:00 às 12:00 h) do que ao sol na parte da tarde (12:00 às 18:00 h), que teoricamente proporciona temperaturas mais altas e conseqüentemente uma maior evapotranspiração.

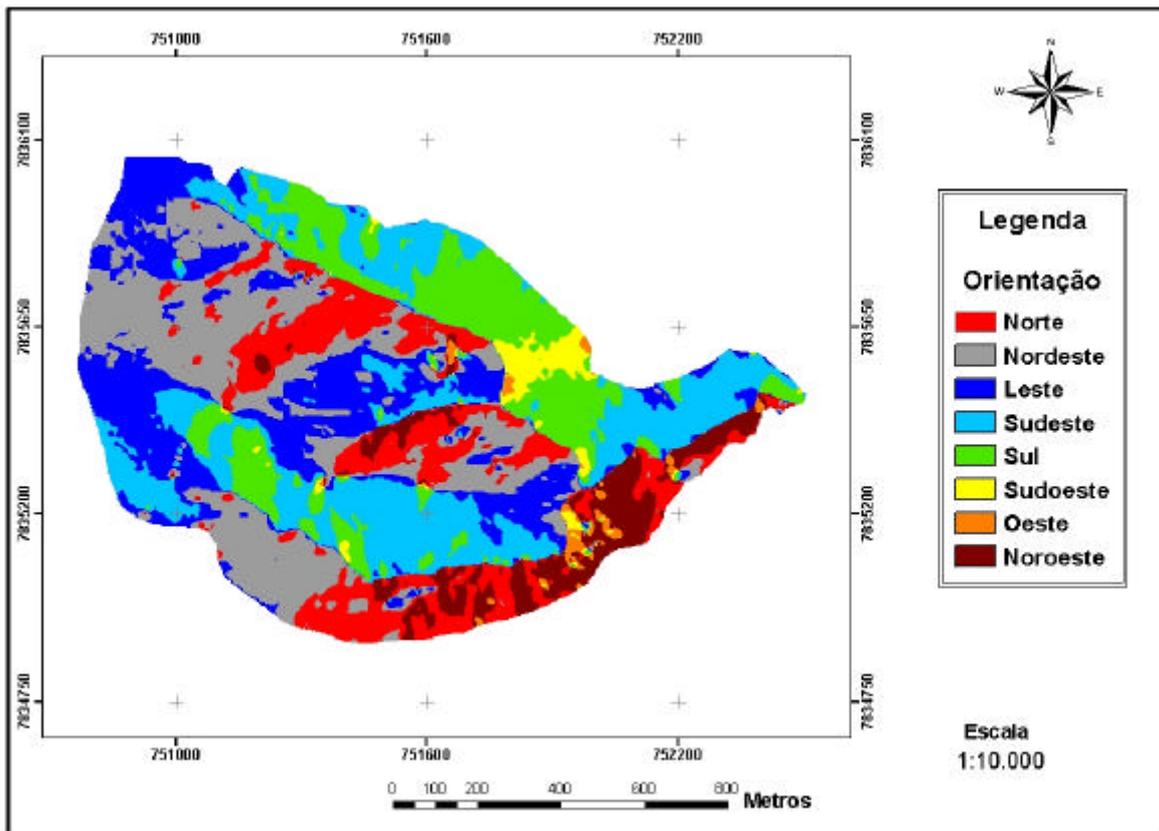


Figura 16 – Representação do aspecto de orientação das faces de declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Quadro 5 – Distribuição da área representativa de cada face de orientação da declividade da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Orientação	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)
Norte (0 - 45°)	181.179,0	14,76
Nordeste (45 - 90°)	278.694,0	22,71
Leste (90 - 135°)	226.989,0	18,50
Sudeste (135 - 180°)	256.392,0	20,89
Sul (180 - 225°)	167.787,0	13,67
Sudoeste (225 - 270°)	23.724,0	1,93
Oeste (270 - 315°)	13.356,0	1,09
Noroeste (315 - 360°)	79.101,0	6,45
	<b>1.227.222,0</b>	<b>100 %</b>

## 4.2 Características Físicas das Sub – Bacias

Identificou-se na bacia do córrego Zerede duas sub-bacias denominadas A e B (Figura 17). As características físicas dessas bacias estão resumidas no Quadro 06.

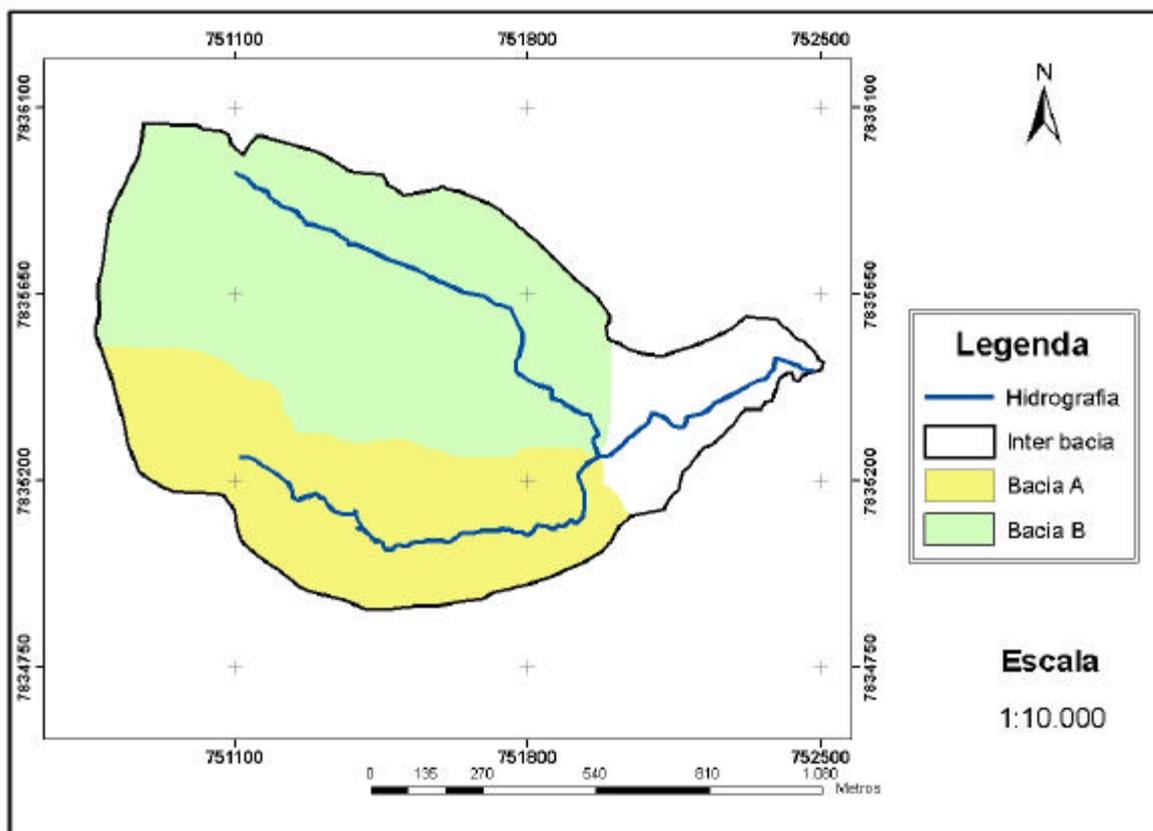


Figura 17 – Sub – bacias na bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Quadro 6 – Características físicas das duas sub – bacias hidrográficas do Córrego Zerede, Timóteo – MG

Tipo	Variável	Unidade	Índice	
			Sub-bacia A	Sub-Bacia B
Parâmetros Gerais	Área da bacia	km <sup>2</sup>	0,410	0,678
	Perímetro da bacia	km	3,894	4,326
	Maior comprimento da bacia	km	1,217	1,348
Parâmetros de drenagem	Comprimento total da drenagem	km	1,198	1,312
	Padrão de drenagem	-	Dendrítico	Dendrítico
	Densidade de drenagem	km/km <sup>2</sup>	2,92	1,93
	Ordem da bacia	-	1	1
	Extensão do percurso superficial	km	0,171	0,259
	Coefficiente de manutenção	m <sup>2</sup>	342,46	518,13
Forma da Bacia Hidrográfica	Fator de forma	-	0,277	0,373
	Índice de circularidade	-	0,34	0,455
	Índice de compacidade	-	1,715	1,33
	Razão de alongação	-	0,60	0,70
Parâmetros de Relevo e Elevação	Orientação		Leste	Sudeste
	Amplitude altimétrica	m	346,103	356,61
	Altitude média	m	434,34	462,90
	Declividade máxima	%	129,65	161,93
	Declividade mínima	%	0	0,20
	Declividade média	%	56,49	55

As duas sub-bacias, juntas, ocupam aproximadamente 90% da área total da bacia, sendo a área da sub - bacia A de 0,410 km<sup>2</sup> (34% da área total) e a área da sub - bacia B de 0,678 km<sup>2</sup> (56% da área total). A sub – bacia B possui um comprimento total de drenagem (1,312 km) superior ao da sub – bacia A (1,198 km), entretanto possui uma densidade de drenagem menor, ou seja, mesmo o comprimento total de drenagem da sub – bacia sendo menor, ainda assim consegue ser mais eficiente, embora em ambos os casos os valores para a densidade de drenagem são considerados baixos.

A densidade de drenagem se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica. Em outras palavras, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas. Assim, nas rochas mais

impermeáveis, as condições para o escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa (Horton, 1945). Os valores encontrados para as sub – bacias A e B (2,92 e 1,93 km/km<sup>2</sup> respectivamente) mostram que há um baixo escoamento superficial.

O coeficiente de manutenção também aponta um valor maior para a sub – bacia B (518,13 m<sup>2</sup>) do que para a sub – bacia A (342,46 m<sup>2</sup>). Esse parâmetro fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (Schumm, 1956) e é considerado como um dos índices mais importantes do sistema de drenagem. Quanto menor a área mínima, mais rico em cursos d'água é a área. Lana et al. (2001) em estudos na bacia do rio Tanque, localizado no médio rio Doce, encontrou o valor de 203,25 m<sup>2</sup>, para o coeficiente de manutenção, concluindo que de uma maneira geral a sua área de estudo é rica em cursos d'água.

Quanto à forma das sub – bacias, todos os resultados indicam que as duas sub – bacias tendem a ser mais alongadas favorecendo o processo de escoamento, o que possibilita inferir que a área da bacia em questão distancia-se da área de um círculo e, conseqüentemente, apresenta um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de cheias.

A altitude média das sub – bacias permaneceu semelhante ao valor encontrado para a bacia. Na sub – bacia A a altitude variou de 292 a 638 m (Figura 18) enquanto para a sub – bacia B esta variação foi de 291 a 645 m (Figura 19).

Outros parâmetros de relevo, como declividade, mostram que as duas sub-bacias apresentam características similares e portanto representam bem o relevo regional.

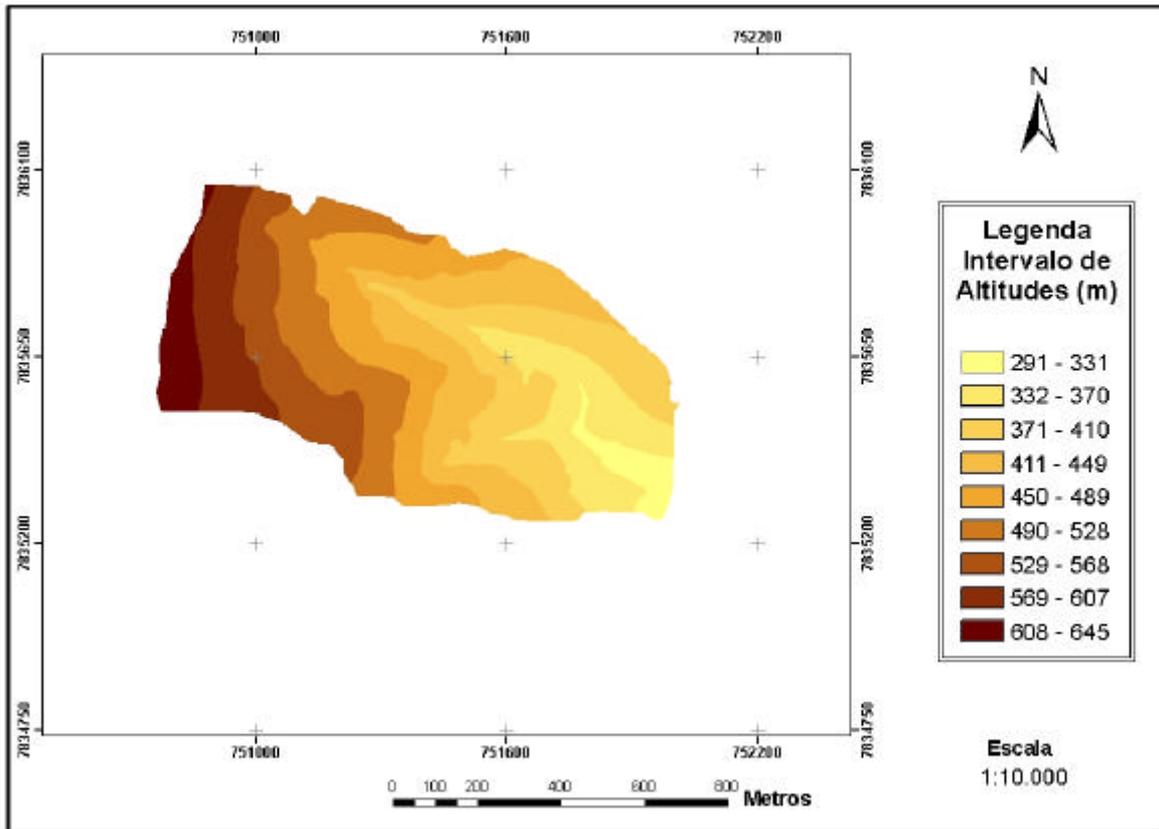


Figura 18 – Variação altimétrica da sub – bacia B do córrego Zerede, Timóteo – MG, determinada pelo modelo digital de elevação hidrograficamente consistente – MDEHC do terreno.

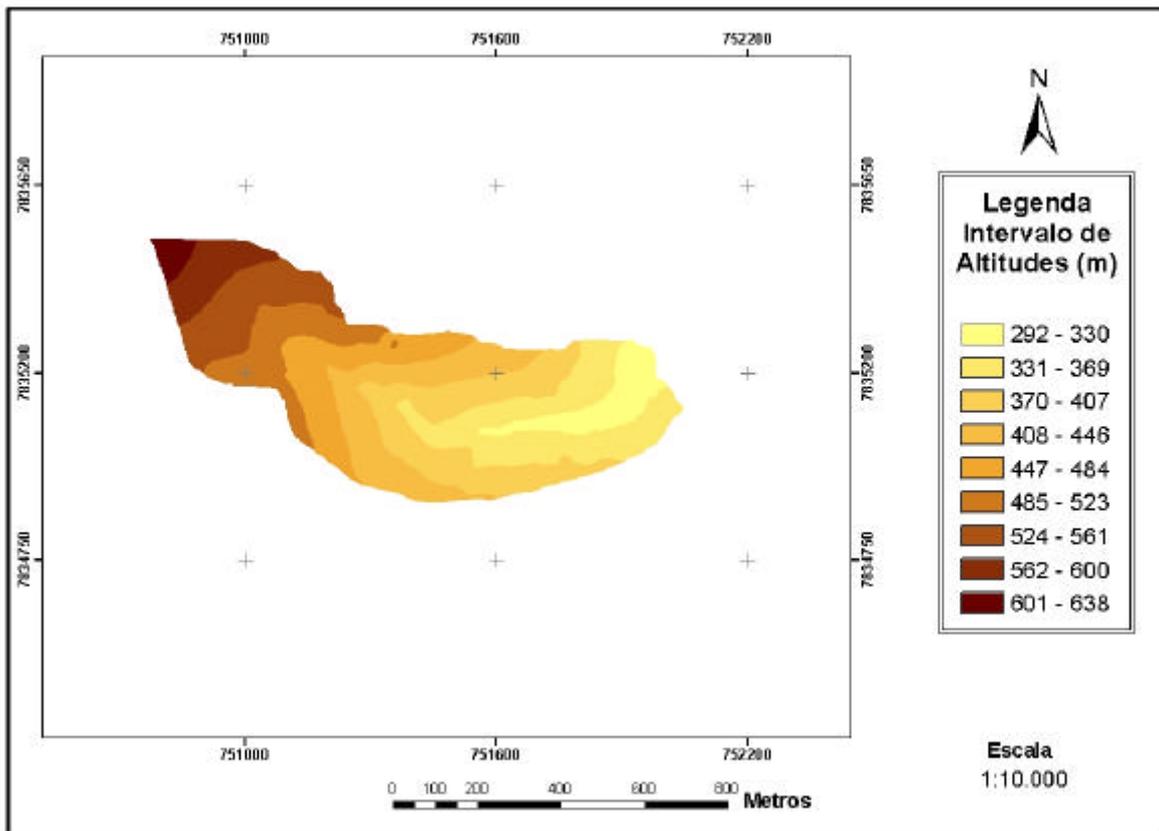


Figura 19 Variação altimétrica da sub-bacia A do córrego Zerede, Timóteo – MG, determinada pelo modelo digital de elevação hidrograficamente consistente – MDEHC do terreno.

### 4.3 Hidrologia da Bacia

A precipitação anual média para a região de Timóteo – MG, considerando-se séries históricas de setembro de 2002 a maio de 2005, é de 1485 mm. Uma comparação entre o comportamento da precipitação para a bacia do Zerede e a região de Timóteo – MG, durante 14 semanas entre novembro de 2004 e março de 2005, pode ser observada na Figura 20. Verifica-se que o comportamento da precipitação, para a bacia do córrego Zerede, é similar ao encontrado para a região de Timóteo – MG, embora os picos em Dezembro de 2004 e Janeiro de 2005 foram maiores para os dados fornecidos para a região.

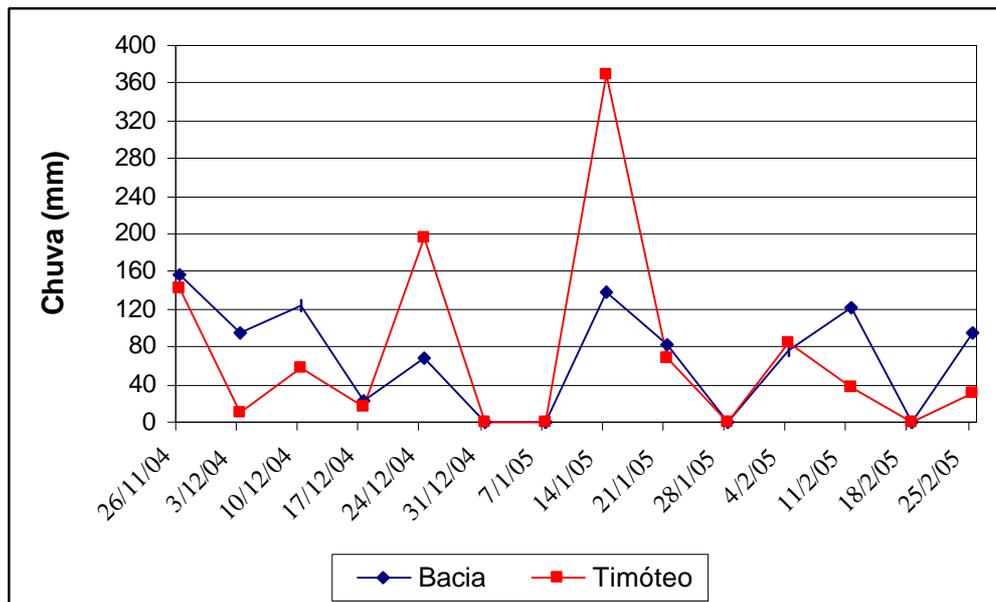


Figura 20 – Variação da precipitação pluviométrica na região de Timóteo – MG e na bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG.

A Figura 21 apresenta a distribuição mensal da precipitação pluviométrica no período de setembro de 2002 a abril de 2005. Verificam-se os altos valores para as precipitações concentradas no período de dezembro a fevereiro e valores muito baixos para os meses de maio a agosto de cada ano. Isto reflete diretamente na vazão da bacia (Figura 22) que por se tratar, relativamente, de uma bacia pequena tem sua vazão rapidamente afetada por uma precipitação mais intensa, assim registrou-se entre o período de estudo, máximas de  $32 \text{ L s}^{-1}$  e mínimas de  $3 \text{ L s}^{-1}$  ou o equivalente a  $2.764,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  e  $259,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente. Observa-se, ainda, que para os meses mais secos (agosto a novembro) o Córrego apresenta uma vazão mínima constante o que implica que bacia armazena uma determinada quantidade de água e libera de uma forma constante para as nascentes. Esses dados são importantes, principalmente, quando se deseja fazer uso de uma quantidade contínua de água durante o ano todo, pois neste caso deve-se tomar como base os menores valores de vazão, já que são uma garantia de fluxo contínuo.

Sperling (1996), determina como consumo de água para um estabelecimento do tipo “alojamento”, um valor de  $150 \text{ L dia}^{-1} \text{ pessoa}^{-1}$ . Considerando um final de semana como dois dias, espera-se ter um consumo de água por pessoa de aproximadamente 300 L, o que para um público

de 1000 pessoas se transformaria em 300.000 L de água ou o equivalente de 300 m<sup>3</sup> de água. Assim, sugere-se que em caso da captação da água do córrego Zerede para abastecimento, esta seja realizada de forma parcelada ao longo dos dias da semana e armazenada em reservatórios próprios para esta finalidade. Entretanto deve-se levar em consideração o número de pessoas que irão frequentar o lugar e a época do ano a fim de que não se tenha uma captação de água além da capacidade do Córrego Zerede.

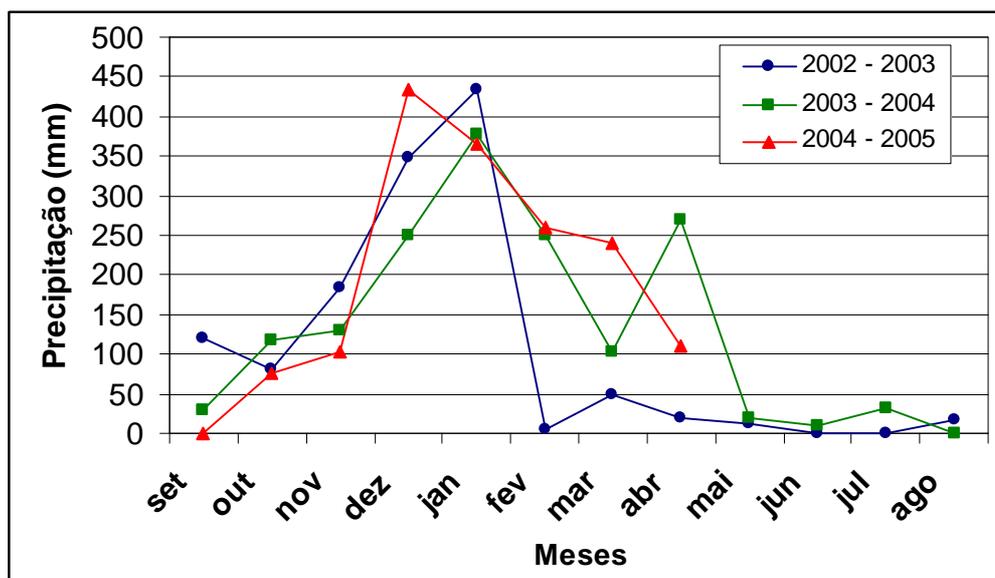


Figura 21 – Variação da precipitação pluviométrica para a região de Timóteo – MG entre os anos de 2002 e 2005 (Fonte: SIMGE – Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais)

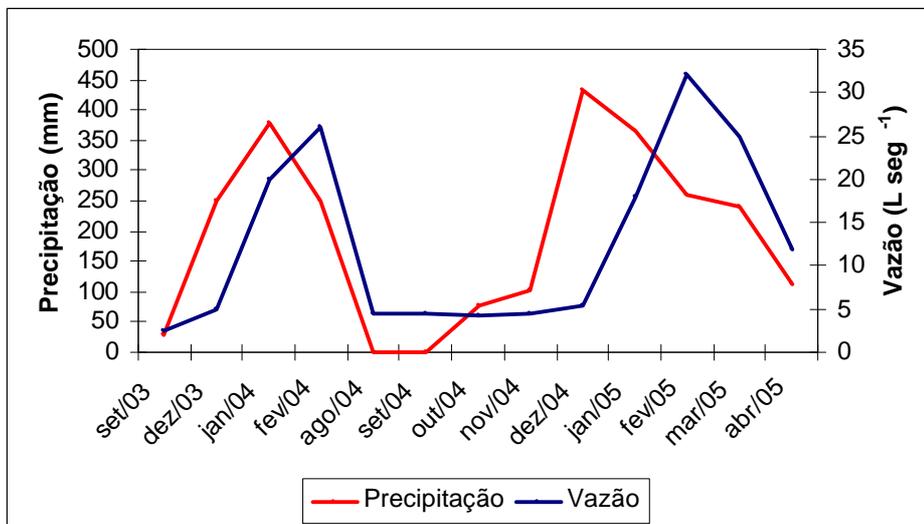


Figura 22 – Valores de precipitação e de vazão na bacia do córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005.

#### 4.4 *Análise de água*

Os parâmetros de qualidade das águas nos diversos pontos de amostragem foram avaliados à luz de padrões de qualidade de águas superficiais conforme classificação dos corpos d'água apresentada pela Resolução nº 357 do CONAMA de 2005 (antigo CONAMA 20).

##### 4.4.1 *Análises biológicas*

A Figura 23 apresenta os resultados das concentrações de coliformes termotolerantes nos diferentes pontos amostrados e os valores limites para a Classe Especial e Classes I e II na Resolução nº 357 do CONAMA. Assim, ao analisar esta figura, verifica-se que a qualidade da água dos pontos P.1, P.3, P.4 e P.5 encontram-se dentro da Classe I do CONAMA nº 357 com relação a coliformes termotolerantes. Segundo esta classificação, estas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. A qualidade da água do Ponto 4 somente foge à classificação de “Classe Especial” devido à presença, em quantidades muito baixas, de coliformes termotolerantes. Assim,

sugere-se que dos pontos amostrados, o Ponto 4 seja, do ponto de vista de qualidade biológica, o mais indicado para o abastecimento humano, embora necessite de uma desinfecção prévia.

A qualidade das águas em relação aos coliformes termotolerantes dos Pontos 2 e 6 enquadra-se na Classe II do CONAMA, ou seja, podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional.

O maior índice de concentração de coliformes termotolerantes foi registrado no Ponto 2, o que é facilmente explicado pela presença, próxima a este local, de aves aquáticas e terrestres, além de grande movimentação humana. O Ponto 6, resultante de toda a água da bacia, apresentou um alto nível de coliformes termotolerantes.

Salienta-se que as discussões dos resultados, referentes a coliformes termotolerantes, estão baseadas em apenas uma amostra. A Resolução nº 357 do CONAMA (CONAMA, 2005) determina que se deva analisar pelo menos seis amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Assim, torna-se necessário que outras coletas e análises de água para coliformes termotolerantes sejam realizadas. Entretanto não se espera resultados muito diferentes daqueles encontrados, uma vez que a bacia encontra-se em um bom estado de conservação.

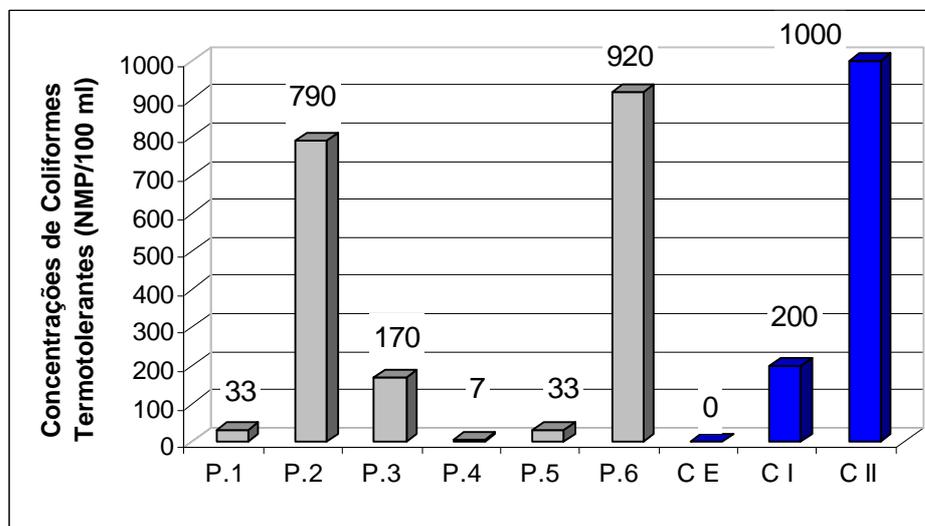


Figura 23 – Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes nos diferentes pontos (P.1, P.2, P.3, P.4, P.5 e P.6) e a classificação (C E - Classe Especial, C I – Classe I, C II – Classe II) sugerida pelo CONAMA (2005).

#### 4.4.2 Análises físicas e químicas da água

Os resultados das análises físicas e químicas da água nos meses de março e junho de 2005 podem ser observados nos Quadros 07 e 08, respectivamente.

A variável pH apresentou um comportamento semelhante para todos os pontos amostrados no final da estação chuvosa (março de 2005) com valores próximos à neutralidade. Para a estação seca observou-se, de uma forma geral, uma queda nestes valores, embora permanecessem situados numa faixa entre 6 a 9, com exceção do Ponto 6 que apresentou um valor de 5,5.

Assim, os valores médios para o pH na estação seca estiveram abaixo daqueles comumente encontrados em águas naturais superficiais, que estão em torno de 6,5 a 8,5 (Hem, 1970). Acredita-se que estes baixos valores estejam associados a alta acidez dos solos e a vazão do córrego que em março era de aproximadamente  $32 \text{ L s}^{-1}$  e em junho de aproximadamente  $4 \text{ L s}^{-1}$  ocasionando uma maior concentração de cátions na água.

A temperatura da água apresentou queda, quando comparado os resultados de março e junho e está relacionada com temperatura mais baixa do ar nesta época do ano (média de  $26 \text{ }^\circ\text{C}$  para março e  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  para junho para a região de Timóteo – MG).

Os valores de oxigênio dissolvido, para a estação chuvosa, ficaram situados em torno de  $8 \text{ mg L}^{-1}$ . Para a estação seca, no inverno, embora se esperasse, com a redução dos níveis de temperatura da água, um aumento da concentração de oxigênio dissolvido, isto não ocorreu, possivelmente devido a vazão do córrego que em época de cheia aumenta a velocidade da correnteza, aumentando o turbilhamento da água e, conseqüentemente a dissolução do oxigênio atmosférico.

Os valores referentes à condutividade elétrica ficaram em torno de  $44,02 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$  nas duas campanhas de amostragem. Para Hem (1970), cursos d'água com valores menores que  $50 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ , para condutividade elétrica, são classificados como baixos, o que é típico de cursos d'água que drenam áreas de litologia constituída por rochas resistentes ao intemperismo, como granitos e gnaisses (Arcova et al., 1998).

Em relação à matéria orgânica presente nas águas, observou-se durante o período chuvoso, uma DQO de 91, 140 e  $171 \text{ mg l}^{-1}$  nos Pontos 4, 5 e 6, respectivamente. Isto se deve possivelmente ao carregamento de material do solo para a água neste período.

Por outro lado, durante a estação seca não se constatou a presença de matéria orgânica no curso d'água, tanto biodegradável (DBO) quanto total (DQO). Demonstrando que a bacia hidrográfica está isenta de contaminação orgânica.

Os valores de turbidez apresentaram uma grande variação entre as duas campanhas variando de 3,6 UNT na estação seca para 1277,5 UNT na estação chuvosa. O maior valor, encontrado no Ponto 5, deve-se ao fato de ter acima deste ponto um canal intermitente que deságua no leito do córrego trazendo grande quantidade de sedimentos em suspensão (Figura 24). Além do mais, neste lado da bacia, há uma exploração florestal que utiliza o método de arraste das toras cortadas por meio de guincho arrastador. Ao arrastar as toras criam-se sulcos no solo que, com a chuva, transformaram-se em canais de escoamento, possibilitando a água carrear o material do solo dando origem às erosões, principalmente as do tipo “voçorocas”.

Outro fator que tem contribuído para alto índice de turbidez, neste lado da bacia, é a presença de estradas de terra localizadas nas proximidades do córrego. Vários estudos identificam a malha viária como sendo grande fonte de sedimentação d'água, principalmente em bacias com florestas (Arcova et al., 2002). Diversos trechos dessas estradas ocupam a zona ripária, área considerada crítica do ponto de vista de manutenção da qualidade da água, na qual se deve sempre evitar modificações das condições naturais (Zakia, 1988).

Do ponto de vista sanitário, Richter e Azevedo Netto (1991) mencionam que desinfetar águas com baixa turbidez, mas com alto índice de coliformes produz água mais segura do que desinfetar águas com baixo índice de coliformes, mas com alta turbidez. Águas com alta turbidez podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos diminuindo assim a eficiência da desinfecção. Águas com baixa turbidez não oferecem refúgio aos microorganismos eventualmente existentes e tóxicos, os quais são, então, mais certamente eliminados.

Para a variável cor, observa-se que na estação chuvosa os valores variaram de 136 a 560 mg Pt L<sup>-1</sup>. Acredita-se que estes resultados, embora não tenham sido confirmados, estão associados à presença de minerais naturais, principalmente hidróxido de ferro (Anido, 2002). Os resultados da análise de cor, também, evidenciam que os sedimentos em suspensão não interferiram na coloração das águas, já que não existe uma relação considerável entre a cor real e a turbidez das águas, contrariando os resultados encontrados por Mosca (2003) e Arcova e Cicco (1999). Entretanto há uma relação entre o período de chuva e o período de seca, já que para a

segunda campanha os valores variaram de 1,2 a 25,5 mg Pt l<sup>-1</sup>. Possivelmente no período de chuva aumenta o nível de carreamento de elementos que alteram a cor como já mencionado.

Quadro 7 – Resultados das análises físicas e químicas da água do córrego Zerede, Timóteo – MG, para o mês de março de 2005.

Amostras	Cor	Turb.	Temp.	DQO	DBO <sub>5</sub>	pH	OD	Condutividade elétrica
	mg Pt L <sup>-1</sup>	UNT	°C	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	-	mg l <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup> 25°C
P.1	158	3,6	24	ND	ND	7,05	8,2	37,6
P.2	136	10,8	24,1	ND	ND	7,43	8	39,6
P.3	560	160,7	25,7	ND	ND	6,32	6,7	43,8
P.4	286	5,5	24	91	3	6,52	7,8	55,6
P.5	145	1277,5	25	140	2	7,05	8,3	46,2
P.6	186	756	24,1	171	9	7,11	8,8	40,3
<b>Média</b>	245,2	369,0	24,5	67,0	2,3	6,9	8,0	43,9
<b>CV (%)</b>	66,73	144,03	2,89	115,97	150,10	5,96	8,86	14,90

Turb. = Turbidez; Temp. = Temperatura; DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO<sub>5</sub> = Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD = Oxigênio Dissolvido; ND – Não Identificado.

Quadro 8 – Resultados das análises físicas e químicas da água do córrego Zerede, Timóteo – MG, para o mês de junho de 2005.

Amostras	Cor	Turb.	Temp.	DQO	DBO <sub>5</sub>	pH	OD	Condutividade elétrica
	mg Pt L <sup>-1</sup>	UNT	°C	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	-	mg l <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup> 25°C
P.1	2,93	1,43	21,1	ND	ND	6,4	6	37,8
P.2	6,28	2,54	22,0	ND	ND	6,5	5,8	39,1
P.3	25,53	69,9	23,0	ND	ND	6,4	4,6	39,5
P.4	1,20	2,12	23,6	ND	ND	6,7	5,5	59,0
P.5	9,04	61,3	23,6	ND	ND	6,7	6	49,2
P.6	6,65	21,1	23,5	ND	ND	5,5	5,9	39,5
<sup>4</sup> <b>Média</b>	8,61	26,40	22,8	0	0	6,3	5,63	44,02
<b>CV (%)</b>	101,70	118,84	4,5	0	0	6,4	9,57	19,14

TURB. = Turbidez; TEMP. = Temperatura; DQO = Demanda Química de Oxigênio; DBO<sub>5</sub> = Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD = Oxigênio Dissolvido; ND – Não Identificado.



Figura 24 – a) área de exploração de eucalipto; b) encontro das águas do córrego (seta em azul) com o canal intermitente (setas em vermelho).

Buscando-se classificar as variáveis estudadas dentro na Resolução 357 do CONAMA, percebe-se que a variável pH permaneceu entre a faixa de 6 a 9, normal para a Classe I, com exceção do Ponto 6 que na estação chuvosa apresentou o valor de 5,5 (Figura 25a).

Para o oxigênio dissolvido todos os pontos foram classificados dentro da Classe I na estação chuvosa, enquanto que na estação seca somente os Pontos 1 e 5 permaneceram nesta classe, sendo os Pontos 2, 4 e 6 classificados como Classe II e o Ponto 3 como Classe III (Figura 25b).

Quanto à DBO todos os pontos foram classificados como Classe I na estação seca e na estação chuvosa exceção ocorreu somente para o Ponto 6 que foi classificado como Classe III (Figura 25c).

Para a variável turbidez a Resolução 357 do CONAMA determina um limite de 40 UNT para que se possa enquadrar uma amostra na Classe I. Desta maneira os Pontos 1, 2 e 4 , na estação chuvosa e os Pontos 1, 2, 4 e 6, na estação seca, fazem parte desta classe. O Ponto 5, na estação seca, foi o que apresentou o maior valor sendo classificado como Classe IV (Figura 25d).

A variável cor esta classificada como Classe I, para todos os pontos na estação seca, e como Classe IV para todos os pontos na estação chuvosa (Figura 25e).

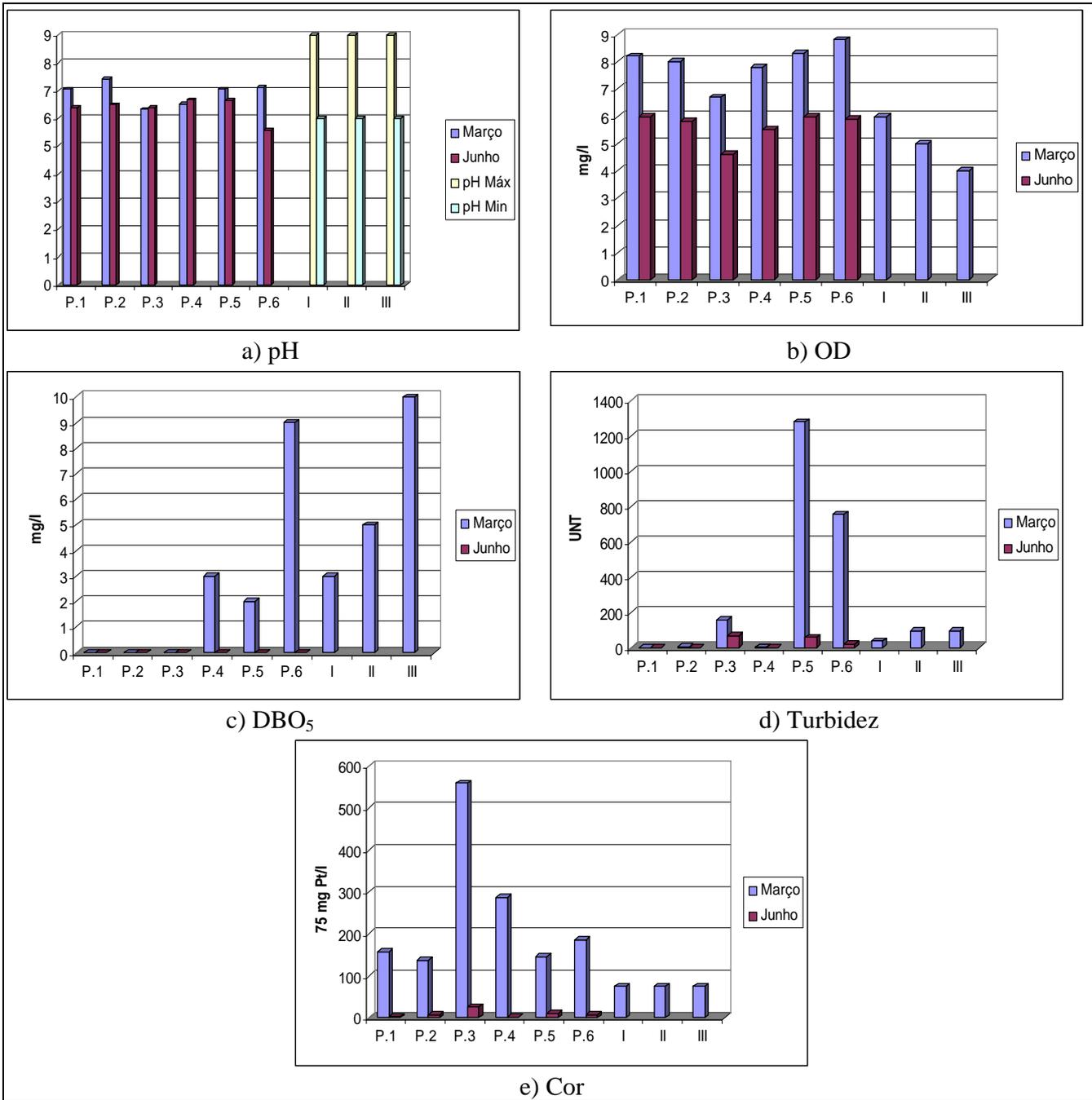


Figura 25 – Comparação entre as análises, realizadas nos meses de março e junho de 2005, para cor, turbidez, DBO<sub>5</sub>, pH e OD e as classes I, II e III da Resolução 357 do CONAMA. P.1 – Ponto 1; P.2 – Ponto 2; P.3 – Ponto 3; P.4 – Ponto 4; P.5 – Ponto 5; P.6 – Ponto 6; I – Classe I da Resolução 357 do CONAMA; II - Classe II da Resolução 357 do CONAMA; III - Classe III da Resolução 357 do CONAMA. Para a classificação do CONAMA para O<sub>2</sub> considera-se os limites como mínimos.

## **4.5 Análise do solo**

### **4.5.1 Análises físicas**

#### **Análise granulométrica**

Ao analisar os dados (Quadro 09), verifica-se que os teores de silte são baixos, variando entre 20 e 80 g kg<sup>-1</sup> de solo. Isto demonstra, de um modo geral, o avançado estágio de intemperismo desses solos. A relação silte/argila é outro índice que demonstra o alto grau de intemperismo. Para Resende et al. (2002) valores abaixo de 0,15 são reflexos de um forte intemperismo. Exceção ocorreu para os perfis 2 e 6 (Neossolo Quartzarênico e Neossolo Flúvico, respectivamente), que apresentaram os maiores valores para a relação silte/argila, entretanto o diferencial nestes solos não foi o aumento significativo do silte, mas sim a diminuição da fração argila.

Verifica-se em todos os solos encontram-se entre textura média a arenosa (Figura 26), onde o perfil com maior valor da fração argila (Perfil 1 - Cambissolo Háplico) apresentou um valor médio de 443 g kg<sup>-1</sup>. Percebe-se uma uniformidade nos valores de areia grossa e areia fina em todos os horizontes dos seis perfis, sendo os valores para areia grossa sempre superiores aos valores de areia fina e, também, superiores às frações silte e argila o que denota o intenso processo de erosão a que estes solos estão submetidos. Observando-se a relação areia grossa/argila, percebe-se que os maiores valores estão no Perfil 2 (Neossolo Quartzarênico).

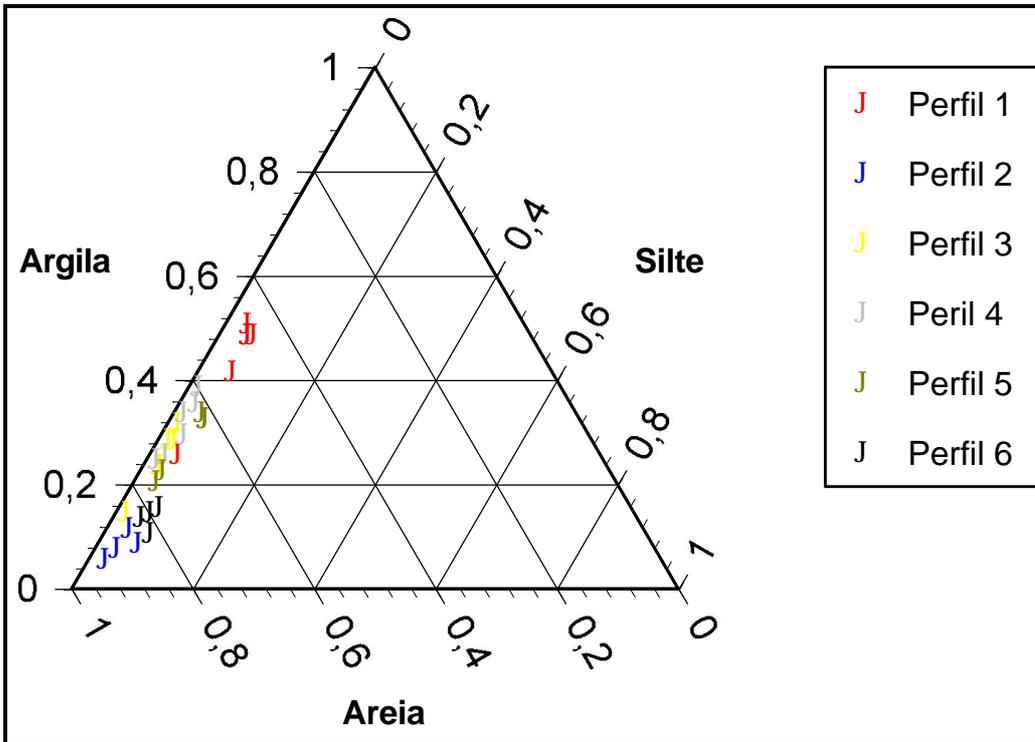


Figura 26 – Triângulo textural dos seis perfis analisados na BHCZ, Timóteo – MG.

Quadro 9 – Resultados das análises físicas de amostras dos solos da bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Horizonte	Profundidade	Textura	Ag	Af	s	r	s/r	Ag/r
cm		g kg <sup>-1</sup>						
Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico								
A	0 - 9	Fra	610	80	50	260	0,19	2,4
AB	9 - 14	Ra	400	120	60	420	0,14	1,0
BA	14 - 28	Ra	350	110	50	490	0,10	0,7
Bi	28 - 52	Ra	360	90	60	490	0,12	0,7
C	52 - 180	Ra	350	100	40	510	0,08	0,7
Cr	180 - 200	Ra	350	110	50	490	0,10	0,7
Perfil 2 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico								
A	0 - 11	Af	700	140	70	90	0,78	7,8
Ar1	11 - 25	A	790	120	30	60	0,50	13,2
Ar2	25 - 50	Af	750	130	40	80	0,50	9,4
C	50 - 120	Af	700	140	40	120	0,33	5,8
Perfil 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico								
A	0 - 11	Fa	750	80	20	150	0,13	5,0
AB	11 - 20	Fa	600	130	30	240	0,13	2,5
BA	20 - 54	Fra	580	110	20	290	0,07	2,0
Bw1	54 - 115	Fra	540	120	20	320	0,06	1,7
Bw2	115 - 158	Fra	580	100	30	290	0,10	2,0
Bw3	158 - 210	Fra	620	110	30	240	0,13	2,6
Perfil 4 – Latossolo Amarelo Distrófico típico								
A	0 - 10	Fra	550	160	30	260	0,12	2,1
AB	10 - 20	Fra	580	150	20	250	0,08	2,3
BA	20 - 49	Fra	510	150	40	300	0,13	1,7
Bw1	49 - 100	Ra	490	120	30	360	0,08	1,4
Bw2	100 - 150	Ra	440	150	20	390	0,05	1,1
Bw3	150 - 180	Fra	500	140	20	340	0,06	1,5
Perfil 5 – Latossolo Amarelo Distrófico típico								
A	0 - 5	Fra	610	140	40	210	0,19	2,9
AB	5 - 12	Fra	610	120	40	230	0,17	2,7
BA	12 - 39	Fra	500	110	50	340	0,15	1,5
Bw2	39 - 77	Fra	490	120	60	330	0,18	1,5
Bw3	77 - 110	Fra	490	120	60	330	0,18	1,5
Perfil 6 – Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico								
A	0 - 8	Fa	620	190	80	110	0,73	5,6
Ar	8 - 25	Fa	630	140	70	160	0,44	3,9
Ac1	25 - 50	Fa	650	140	60	150	0,40	4,3
Ac2	50 - 110	Fa	630	180	50	140	0,36	4,5

Textura: Fra – franco-argilo-arenosa; Ra – argila-arenosa; Af – areia-franca; A – areia; Fa – franca-arenosa. Ag – areia grossa; Af – areia fina; s – silte; r – argila; s/r – relação silte/argila; Ag/r – relação areia grossa/argila;

Os valores de densidade do solo encontrados (Quadro 10) variaram de 1,19 a 1,58 g cm<sup>-3</sup>, a 20 cm de profundidade, e de 1,32 a 1,60 g cm<sup>-3</sup>, a 75 cm de profundidade. Observa-se que os perfis 1, 2 e 3 (Cambissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho-Amarelo, respectivamente) tenderam a apresentar maiores valores de densidade nos horizontes subsuperficiais enquanto os perfis 4 e 5 (ambos Latossolo Amarelo) apresentaram nos horizontes superficiais. Entretanto, houve pouca variabilidade da densidade do solo em profundidade. O perfil 6 (Neossolo Flúvico) teve a coleta da amostra de solo para densidade dificultada pelo fato do lençol freático estar bem próximo a superfície.

No perfil 5 (Latosolo Amarelo) a elevada densidade do solo no horizonte superficial reflete o uso desta área com pastagem, onde o pisoteio bovino contribui para a compactação do solo nas camadas superficiais como demonstrado em muitos trabalhos (Costa et al., 2000; Bertol et al., 2000; Vzzotto et al., 2000).

Quadro 10 – Variação da densidade do solo, densidade das partículas e porosidades em duas profundidades dos perfis descritos na BHCZ, Timóteo – MG, 2005.

Profundidade	Textura	Ds	Dp	Pors.
cm		g cm <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
	Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico			
20*	Ra	1,19	2,42	0,51
75**	Ra	1,32	3,11	0,57
	Perfil 2 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico			
20	Af	1,55	2,95	0,48
75	A	1,60	2,80	0,43
	Perfil 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico			
20	Fa	1,38	2,91	0,53
75	Fra	1,40	3,37	0,59
	Perfil 4 – Latossolo Amarelo Distrófico típico			
20	Fra	1,55	3,14	0,50
75	Ra	1,52	3,51	0,57
	Perfil 5 – Latossolo Amarelo Distrófico típico			
20	Fra	1,58	3,10	0,49
75	Fra	1,42	3,06	0,54

Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; \* coleta realizada a 20 cm de profundidade; \*\*coleta realizada a 75 cm de profundidade; Pors. – Porosidade.

#### 4.5.2 Análises químicas

Os resultados das análises químicas de amostras dos solos podem ser observados no Quadro 11. A acidez ativa (pH) variou de 4,3 a 6,4, o que caracteriza uma acidez variando de muito elevada ( $\text{pH} < 4,5$ ) a fraca ( $6,1 < \text{pH} < 6,9$ ) (CFSEMG, 1999). Em média, os maiores valores de pH foram encontrados para os perfis 2 e 3 (Neossolo Quartzarênico e Neossolo Flúvico, respectivamente) o que parece refletir o ambiente mais conservador, onde são receptores de base e as saídas destas do sistema é mais lenta (Cunha, 2003).

Os baixos valores de pH para os Perfis 1, 3 e 4 (Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo) evidenciam um estágio de intemperismo relativamente avançado, pois além de uma, provável, pobreza de nutrientes advindos do material de origem, a bacia se encontra em um clima quente e úmido associado a uma alta declividade do terreno o que acelera a lixiviação das bases.

Quadro 11 – Resultados das análises químicas de amostras dos solos estudados na bacia hidrográfica do córrego Zerede, Timóteo – MG.

Horiz.	Prof.	$\frac{\text{pH}}{\text{H}_2\text{O}}$	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	SB	t	T	V	m	C	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	cm		mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%			Dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				
Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico																				
A	0 – 9	5,25	1,6	3,08	0,55	0,08	-	0,05	5,20	3,71	3,76	8,91	41,6	1,3	2,52	38,5	2,8	26,4	28,5	0,37
AB	9 – 14	4,54	1,0	0,57	0,15	0,04	-	1,12	5,10	0,76	1,88	5,86	13	59,6	1,41	26,8	1,1	34,2	2,5	0,23
BA	14 – 28	4,42	0,6	0,21	0,07	0,03	-	1,22	4,30	0,31	1,53	4,61	6,7	79,7	1,11	24,0	1,6	52,1	1,5	0,30
Bi	28 – 52	4,33	0,4	0,03	0,05	0,01	-	1,46	4,50	0,09	1,55	4,59	2,0	94,2	0,89	20,8	0,6	30,8	0,5	0,29
C	52 – 180	4,53	0,7	0,07	0,11	0,01	-	0,83	3,10	0,19	1,02	3,29	5,8	81,4	0,52	13,2	23,0	16,5	0,6	0,52
Cr	180 – 200	4,97	0,7	0,00	0,02	0,01	-	0,05	1,90	0,03	0,08	1,93	1,6	62,5	0,37	9,5	1,8	8,3	0,4	0,16
Perfil 2 – Neossolo Quartzarênico Órtico típico																				
A	0 – 11	6,43	1,8	3,91	0,80	0,09	-	0,00	0,09	4,80	4,80	6,10	78,7	0,0	1,56	53,6	3,4	9,0	42,4	0,32
Ac1	11 – 25	6,46	1,1	0,81	0,22	0,03	-	0,00	0,03	1,06	1,06	1,56	67,9	0,0	0,08	56,7	0,4	60,2	7,6	0,30
Ac2	25 – 50	5,91	1,8	0,74	0,29	0,04	-	0,00	0,04	1,07	1,07	2,07	51,7	0,0	0,00	54,9	0,5	73,1	6,4	0,55
C	50 – 120	4,98	3,8	0,16	0,10	0,02	-	0,49	0,02	0,28	0,77	1,88	14,9	63,6	0,00	42,0	0,7	87,4	3,9	1,28
Perfil 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico																				
A	0 – 11	4,84	2,1	1,38	0,14	0,04	-	0,68	0,04	1,56	2,24	11,26	13,9	30,4	3,49	26,8	1,5	61,0	17,9	0,11
AB	11 – 20	4,81	1,3	0,41	0,06	0,03	-	0,54	0,03	0,50	1,04	7,60	6,6	51,9	2,23	18,7	1,9	32,9	4,2	0,11
BA	20 – 54	4,57	0,8	0,00	0,02	0,01	-	0,49	0,01	0,03	0,52	6,63	0,5	94,2	1,86	3,2	0,5	33,2	1,8	0,10
Bw1	54 – 115	4,44	2,1	0,00	0,01	0,01	-	0,39	0,01	0,02	0,41	6,42	0,3	95,1	1,19	10,6	1,3	20,1	1,9	0,12
Bw2	115 – 158	4,94	1,4	0,00	0,10	0,00	-	0,10	0,00	0,01	0,11	3,51	0,3	90,9	0,59	17,2	0,4	41,1	1,7	0,14
Bw3	158 – 210	5,08	1,4	0,00	0,10	0,00	-	0,00	0,00	0,01	0,01	2,91	0,3	0,0	0,59	11,9	0,3	9,3	0,9	0,14

Continuação

Horiz.	Prof.	$\frac{\text{pH}}{\text{H}_2\text{O}}$	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	SB	t	T	V	m	C	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	cm		mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%			dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			
Perfil 4 – Latossolo Amarelo Distrófico típico																				
A	0 – 10	4,68	1,0	0,93	0,12	0,03	-	0,98	0,03	1,08	2,06	9,78	11,0	47,6	2,37	23,8	1,2	40,1	7,5	0,11
AB	10 – 20	4,48	0,7	0,02	0,02	0,01	-	0,93	0,01	0,05	0,98	6,65	0,8	94,9	1,56	27,4	0,6	29,1	1,7	0,06
BA	20 – 49	4,64	0,6	0,00	0,02	0,01	-	0,59	0,01	0,03	0,62	5,03	0,6	95,2	0,96	22,5	1,1	20,1	0,7	0,05
Bw1	49 – 100	4,52	0,6	0,00	0,01	0,00	-	0,59	0,00	0,01	0,60	3,61	0,3	98,3	0,59	17,2	0,4	41,1	1,7	0,14
Bw2	100 – 150	4,67	0,5	0,00	0,00	0,00	-	0,20	0,00	0,00	0,20	2,10	0,0	100,0	0,37	20,6	0,3	6,0	0,3	0,11
Bw3	150 – 180	4,88	0,6	0,00	0,01	0,00	-	0,15	0,00	0,01	0,16	1,91	0,5	93,8	0,37	13,8	0,4	4,5	0,1	0,07
Perfil 5 – Latossolo Amarelo Distrófico típico																				
A	0 – 5	6,24	1,4	1,44	0,57	0,13	-	0,00	2,10	2,14	2,14	4,24	50,5	0,0	1,04	39,9	1,0	7,8	32,1	0,43
AB	5 – 12	5,98	1,4	1,54	0,22	0,05	-	0,00	2,80	1,81	1,81	4,61	39,3	0,0	1,04	36,3	1,3	8,6	24,1	0,49
BA	12 – 39	5,68	2,9	0,69	0,05	0,01	-	0,00	2,10	0,75	0,75	2,85	26,3	0,0	0,67	25,1	0,3	7,7	11,0	0,79
Bw1	39 – 77	4,80	2,5	0,07	0,02	0,00	-	0,24	2,60	0,09	0,33	2,69	3,3	72,7	0,30	18,5	0,3	4,8	3,8	0,45
Bw2	77 – 110	4,95	3,2	0,22	0,03	0,01	-	0,05	1,70	0,26	0,31	1,96	13,3	16,1	0,22	17,9	0,6	6,2	3,7	0,33
Perfil 6 – Neossolos Flúvicos Tb Distrófico típico																				
A	0 – 8	5,92	2,2	2,41	0,43	0,03	-	0,00	1,90	2,87	2,87	4,77	60,2	0,0	1,19	49,2	3,8	26,6	28,0	0,56
Ar	8 – 25	5,53	1,2	0,57	0,33	0,03	-	0,05	2,00	1,03	1,08	3,03	34,0	4,6	0,67	42,8	1,2	41,5	1,7	0,68
Ac1	25 – 50	5,65	1,3	0,58	0,37	0,03	-	0,05	2,30	0,98	1,03	3,28	29,9	4,9	0,67	41,2	1,7	43,5	1,2	0,73
Ac2	50 – 110	5,92	1,7	0,24	0,29	0,02	-	0,00	1,00	0,55	0,55	1,55	35,5	0,0	0,22	44,5	5,0	58,8	0,1	1,12

Os maiores valores de soma de bases (SB) foram encontrados nos Perfis 2 e 6 (Neossolo Quartzarênico e Neossolo Flúvico). Entretanto percebe-se (Figura 27) que, para todos os perfis, a soma de base está concentrada nos primeiros 20 cm do solo, ou seja, a fertilidade destes solos se resume, praticamente, aos primeiros centímetros denotando-se um cuidado especial que se deve ter na hora de aplicar práticas agrícolas e principalmente com a erosão laminar, já que se estes solos perderem a primeira camada ficam seriamente comprometidos em termos de fertilidade.

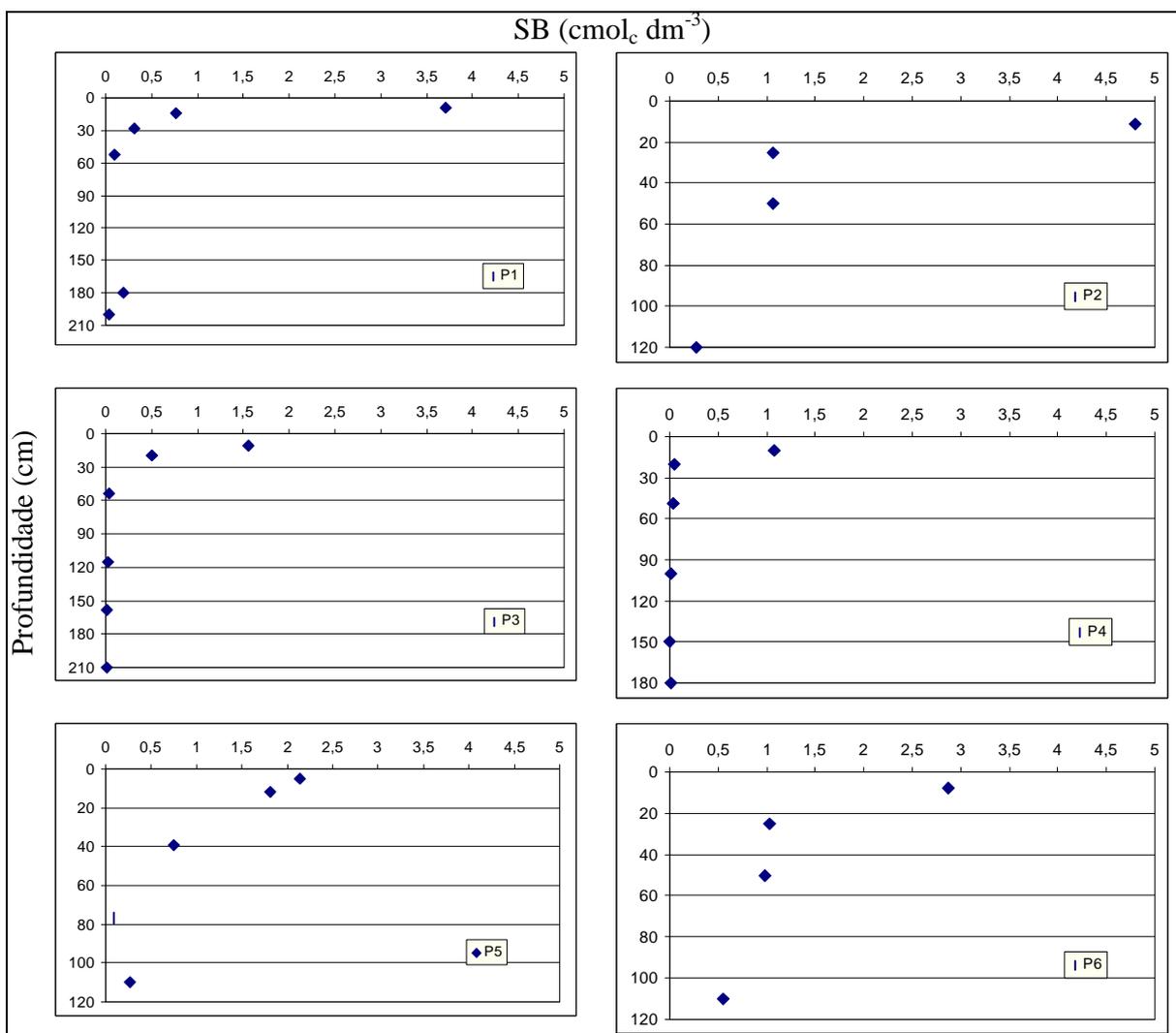


Figura 27 – Valores da soma de bases (SB), de acordo com a profundidade, para os solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede. P1 – perfil 1 (Cambissolo háplico), P2 – perfil 2 (Neossolo Quartzarênico), P3 – perfil 3 (Latosolo Vermelho - Amarelo), P4 – perfil 4 (Latosolo Amarelo), P5 – perfil 5 (Latosolo Amarelo), P6 – perfil 6 (Neossolo Flúvico).

Observando-se o valor da saturação por bases (V) (Quadro 11), constata-se que os valores variaram de 0 a 79, sendo que, de todos os solos, apenas o Perfil 2 apresenta V maior que 50%. Os demais solos refletem a intensidade do intemperismo e lixiviação intensa experimentados pelos mesmos.

A saturação por alumínio (m) apresenta variações de 0 a 100 para os solos, ou seja, variaram-se de muito baixa (< 15) a muito alta (> 75), sendo os maiores valores encontrados nos horizontes subsuperficiais do Perfil 4. Além deste perfil, os perfis 1 e 3 apresentaram um valor médio de saturação por alumínio maior que 50 o que os caracteriza de caráter álico.

Entretanto, para os horizontes superficiais, de todos os perfis, foram encontrados valores menores que 50, sendo que nos Perfis 2, 5 e 6 estes valores foram de 0 e no Perfil 1 de 1,3. Isso se deve ao fato de se ter uma maior acúmulo de bases por efeito da ciclagem de nutrientes.

O carbono orgânico apresenta-se com valores variando de baixo (0,41 – 1,16 dag kg<sup>-1</sup>) a bom (2,33 – 4,06 dag kg<sup>-1</sup>) nos horizontes superficiais. Os maiores valores foram encontrados no Perfil 3. Observa-se, ainda, similarmente aos nutrientes, elevada concentração do carbono orgânico nos primeiros centímetros do solo (Figura 28). Segundo Ribeiro et al. (1972) nos solos mais intemperizados a pobreza química, que reduz o desenvolvimento de microorganismos e, por conseqüência, a decomposição da matéria orgânica, e a grande interação dos óxidos de ferro e alumínio com a matéria orgânica podem condicionar maior acumulação de carbono orgânico.

Observando-se ainda a Figura 29, percebe-se que o Perfil 3 também é o que possui o maior estoque de carbono orgânico, tanto na faixa de 0 – 20 cm (157 dag kg<sup>-1</sup>) quanto na faixa de 20 – 100 cm de profundidade (385 dag kg<sup>-1</sup>) e conseqüentemente um valor total maior comparado aos outros perfis. O perfil com menor estoque de carbono foi o Perfil 2 que está, praticamente, com seu estoque de carbono concentrado nos primeiros 20 cm de profundidade.

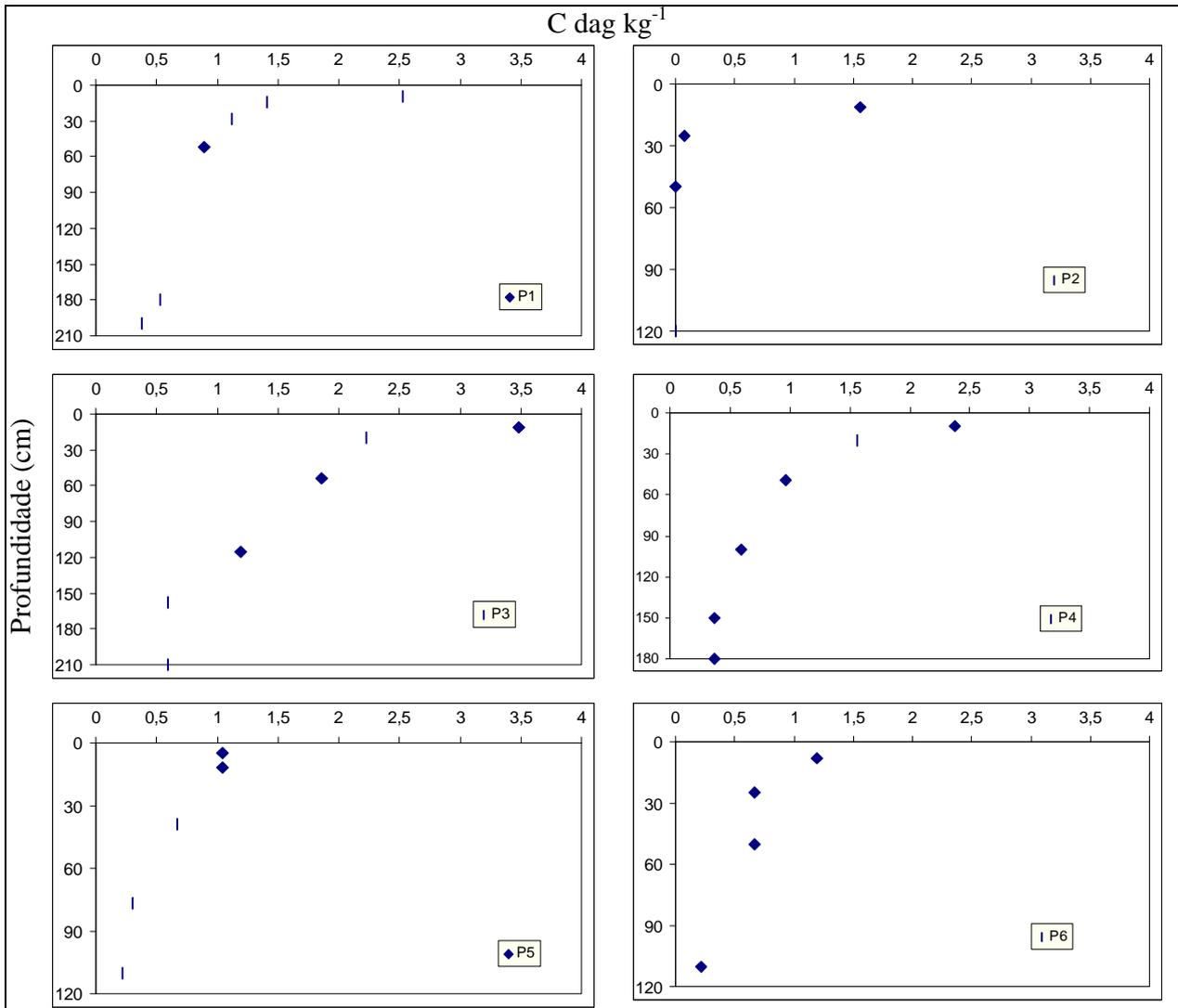


Figura 28 – Distribuição do carbono orgânico (C), de acordo com a profundidade, para os solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede. P1 – perfil 1 (Cambissolo háplico), P2 – perfil 2 (Neossolo Quartzârenico), P3 – perfil 3 (Latosolo Vermelho - Amarelo), P4 – perfil 4 (Latosolo Amarelo), P5 – perfil 5 (Latosolo Amarelo), P6 – perfil 6 (Neossolo Flúvico)

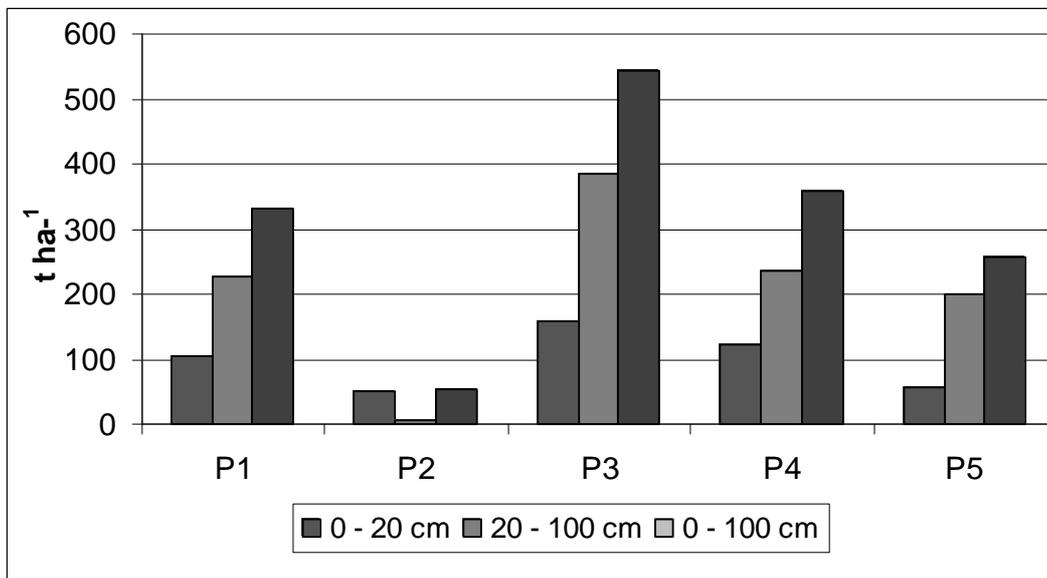


Figura 29 – Estoque de carbono orgânico para cinco perfis de solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG. P1 – Cambissolo Háplico; P2 – Neossolo Quartzarênico; P3 – Latossolos Vermelho-Amarelo; P4 – Latossolos Amarelo; P5 – Latossolos Amarelo;

Os teores de fósforo disponíveis foram sempre inferiores a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  o que pode ser considerado muito baixo (CFSEMG, 1999). Em geral, os teores de carbono orgânico decresceram em profundidade e as concentrações de fósforo disponíveis tenderam a aumentar, o que de acordo com Oades et al. (1989), evidencia a competição entre ânions orgânicos e fosfatos pelos sítios de adsorção na superfície dos óxidos de ferro e de alumínio.

Os resultados dos teores de fósforo remanescente variaram de 3,2 a  $56,7 \text{ mg L}^{-1}$ . Os valores obtidos englobam desde a classe muito baixa até a alta, relativa aos níveis de adsorção de fosfato (Alvarez V. et al., 2000). De uma maneira geral, os valores de P remanescente são maiores nos horizontes superficiais, indicando que a adsorção de fósforo é menor. Este processo, está provavelmente, associado a maiores teores de areia e teores mais baixos de alumínio trocável, ferro e argila (Silva, 1999).

Nos Perfis 2 e 6 não observa-se uma redução significativa dos teores de fósforo remanescente em profundidade. Estes teores de fósforo parecem estar ligados a uma textura mais grosseira destes horizontes, o que aumenta a disponibilidade (Silva, 1999).

#### 4.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Observa-se na Figura 30 que a bacia hidrográfica do Córrego Zerede possui, em geral, algum tipo de cobertura do solo na maior parte de sua área. Quando comparado esta figura com a Figura 31, percebe-se que o uso atual está bem enquadrado dentro das potencialidades de uso da bacia. Entretanto, deve-se trabalhar, não só pela manutenção, mas também pela melhoria das condições de uso da bacia. Os reflexos das medidas de manejo da bacia transcendem às áreas rurais, refletindo em garantia de abastecimento hídrico, tanto em qualidade quanto em quantidade, para as populações urbanas a jusante.

A prática de extração de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), na cabeceira da bacia, que segue as etapas de derrubada e processamento básico da árvore seguido do seu arraste, através de guincho arrastador, ocasiona sérios danos à conservação do solo, uma vez que abrem precedentes para início de erosões na área. Deve-se, portanto, buscar alternativas de maneira a remover o mínimo possível a cobertura do solo e não alterar as condições físicas do mesmo. Além do que, na parte superior da bacia é que se encontram os solos mais profundos, responsáveis, principalmente, pela recarga do lençol freático.

As estradas e carreadores, dentro da bacia hidrográfica, deverão ser bem locados e conservados, assim como desativar as estradas locadas de forma perpendicular às curvas de nível e também aquelas em locais desnecessários. As saídas laterais de água deverão ser destinadas a bacias de captação e acumulação tecnicamente implantadas, ao invés de constituírem-se em simples valas de drenagem que conduzem à erosão. As obras para correção da erosão nas estradas das microbacias incluem retificação, acostamentos, correção de leitos, obras de drenagem, canais divergentes, caixas de retenção à beira das estradas, entre outros. Deve-se considerar que estas medidas reduzem as perdas de solo, assoreamento dos cursos d'água e enchentes, aumentam o nível do lençol freático, com ganhos econômicos e sociais.

A maior parte da área da bacia apresenta aptidão para sistemas florestais. As espécies a serem definidas devem estar de acordo com as condições físicas e químicas dos solos da bacia. Quanto maior a similaridade do sistema produtivo com a vegetação natural do lugar, maior a sustentabilidade da produção. Em caso de adubação, as doses dos nutrientes móveis no solo,

devem ser parceladas o máximo possível dado às condições físicas do solo que permitem uma rápida drenagem e conseqüentemente uma maior lixiviação.

Qualquer alteração futura no uso do solo da bacia deve estar associada a práticas conservacionistas, como plantio em nível, uso de cordões de retenção, entre outros, os quais, visam a manutenção da potencialidade produtiva do solo, além de diminuir as forças do processo erosivo.

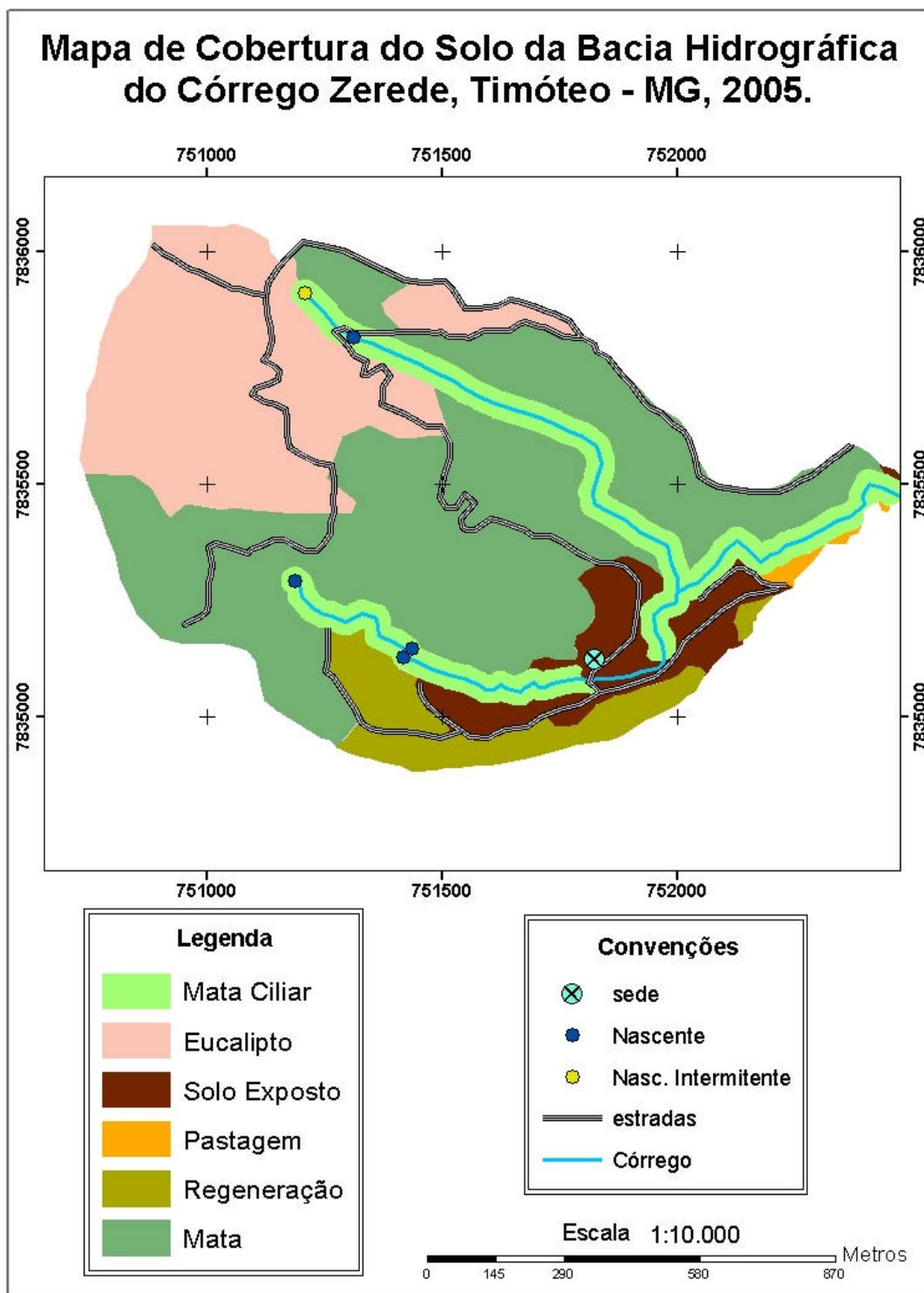


Figura 30 – Uso atual e cobertura dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005.

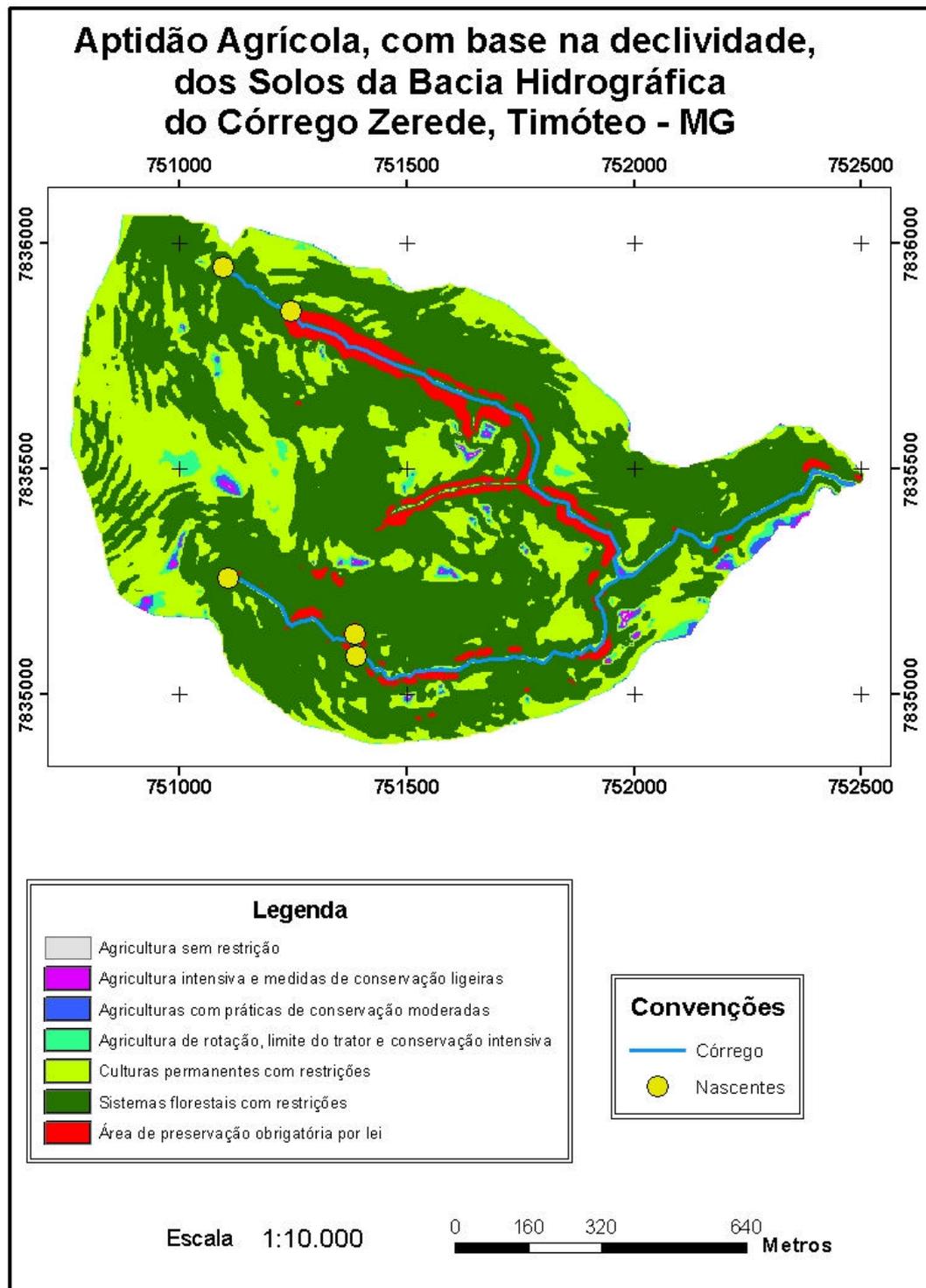


Figura 31 – Aptidão de uso dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG, 2005.

## **5 RESUMO E CONCLUSÕES**

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de proceder a caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Zerede e o levantamento do uso atual para uma posterior proposta de modificação da ocupação do terreno com vista a produção de água, em quantidade e qualidade, e melhor conservação do solo.

A partir de viagens a campo, levantamento planialtimérico e interpretação das aerofotos não-convencionais foram obtidos os mapas temáticos de solos e de uso de solo. Descreveu-se seis perfis de solos representativos da bacia e as amostras foram submetidas a caracterizações físicas e químicas. Procedeu-se estudos hidrológicos (vazão e precipitação) e, além disso, amostras de água de seis pontos ao longo do Córrego foram analisadas sob alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Os resultados permitiram concluir que:

1. Abacia tende para a forma alongada, o que reduz a probabilidade de receber uma grande carga de água em um só ponto, por consequência de uma chuva intensa, e conseqüentemente vir a ter uma enchente.
2. O relevo forte ondulado com predominância de áreas (96%) com declividade acima de 20%, o que torna impraticável o uso de mecanização agrícola.
3. A precipitação está mais concentrada nos meses de novembro a janeiro, podendo chegar a 76% da precipitação anual. Os meses mais secos ocorreram de junho a setembro, chegando a ter ausência total de chuvas, entretanto o córrego manteve, nestes meses, uma vazão mínima, mas constante.
4. Na maior parte das amostras, as características biológicas da água (coliformes termotolerantes) satisfazem os requisitos exigidos para a classe I, conforme estabelecido pelo CONAMA.
5. A estação chuvosa interferiu, principalmente, nas variáveis cor e turbidez, evidenciando fontes de carreamento de sedimentos e formação de erosão na área.
6. A estação seca interferiu, principalmente nas variáveis pH e O<sub>2</sub> dissolvido, o que esta relacionado à baixa vazão do Córrego.
7. Devido ao relevo muito movimentado, com variação de cota de 269 a 645 metros, encontram-se solos muito intemperizados lado a lado aos afloramentos de rocha e Neossolos. Os solos mais profundos (Latosolos Amarelos e Vermelhos) são potencialmente os maiores produtores de água na bacia.
8. Todos os perfis apresentaram baixos valores de silte e predominância de areia grossa, ou seja, tem-se um solo extremamente intemperizado e que esta sendo submetido a uma erosão muito intensa, principalmente do tipo linear. Os teores de areia grossa e areia fina são bastante uniformes nos horizontes de todos os perfis. A relação areia-grossa/argila sugere que o perfil dois apresenta o solo mais erodido.
9. O perfil 6 apresentou a densidade do solo mais elevada, para o horizonte superficial, o que provavelmente esta relacionada com pisoteio bovino, uma vez que a trincheira, para este perfil, foi aberta em uma pastagem.
10. Em geral, os solos apresentam baixa fertilidade. Há uma concentração de nutrientes nos primeiros 20 cm, o que provavelmente relacionado a ciclagem de nutrientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.P.H.A., **Standart methods for the examination of water and watershed**. 21 ed. Washington: American Public Health Association, 1998. 1000p.

ABRAHÃO, W.A.P.; MELLO, J.W.V. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa: SBRAD, 1988. p.251.

ALVARENGA, M.I.N.; PAULA, M. B. de. Planejamento conservacionista em microbacias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.55-64, nov./dez. 2000.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso de fósforo remanescente. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n.25, p.27-32, 2000.

ALVAREZ VENEGAS, V. H.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J.A. **Determinação dos fósforo remanescente**. Viçosa: UFV, 1993. 11p. (mimeografado).

ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; ANDRADE, H. Sistemas de informações geográficas na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, 2002. Disponível em: <[www.epamig.br/Informe%20Agropecu%Elrio/V.21%20N202%20\(2000\)/SIG\\_impactos\\_ambientais.pdf](http://www.epamig.br/Informe%20Agropecu%Elrio/V.21%20N202%20(2000)/SIG_impactos_ambientais.pdf)> Acesso em: 10 nov. 2004.

AMARAL, E.F. do. **Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Acre e Iaco, Acre, Brasil**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ANDERSON, H. W.; HOOVER, M.D.; REINHART, K.G. Forest and water. Effects of forest management on floods, sedimentation, and water supply. USDA Forest Service (PSW General Technical Report, n.8) p.1-115,1976.

ANIDO, N.M.R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. 2002, 69f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCO, V. de. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Revista Instituto Florestal de São Paulo**, v.10, n.2, p.185-196, 1998.

ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n.56, p.125-134, dez. 1999.

ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V.; HONDA, A.A. Características físicas das águas dos rios Paraibuna e Paraitinga, região do Alto Paraíba-SP. **Revista Instituto Florestal de São Paulo**, v.14, n.1, p.1-12, 2002.

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas - Aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1993. **P**.

BARUQUI, A.M.; FERNANDES, M.R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.55-69, ago. 1985.

BERTOL, I.; AMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X.; KURTZ, C. Propriedades do solo relacionados a diferentes níveis de ofertas de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35. n.5, **P**. 2000.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a política nacional dos recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Lex: Conjunto de normas legais**, Brasília, 3ªed., p. 23-40, 2004.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 1985, Maringá. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985. 332p.

BRIKLEY, D.; BROWN, T.C. Management impacts on water quality of forest and rangelands. USDA Forest Service RM **General Technical Report**, n.239, p.1-114, 1993.

BROWN, G.W. **Forestry and water quality**. 2.ed. Corvalis: Oregon State University, 1988. 142p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de **Geoprocessamento para projetos ambientais**. INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – Sp, 2. ed. 1998. Disponível em [www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente). Acesso em 08/08/2004.

CAMPOS, C.E.B.; LANI, J.L.; CUNHA, A.M.; ALVES, M.R. Qualidade das águas dos córregos Capivara dos Gomes, Turvo e Grama – e aspectos dos solos de suas várzeas, no planalto de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, **Revista Ceres**, v.50 n.291 p. 641-657, 2003.

CAMPOS, S. **Diagnóstico físico-conservacionista da Bacia do Rio Lavapés-Botucatu (SP)**. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 1997. 140p. (Tese de Livre-Docência).

CASTRO, P. S. e. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, Minas Gerais**. 1980, 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CASTRO, P., LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa: CPT, 2001. 84p.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrológicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Not. Geomorfol.**, v.18, p.130-132, 1978.

COMISSÃO DE ERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez Venegas, V.H. Viçosa, MG, 1999. 359p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução 357, Brasília, 23p. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções do CONAMA. 4. ed. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.

COSTA, O.V.; COSTA, L.M.; FONTES, L.E.F.; ARAÚJO, Q.R.; KER, J.C.; NACIF, P.G.S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.4, v. 24, p. 843-856. 2000.

CUNHA, A.M. **Ambientes, solos e uso com vista ao potencial de produção de água em microbacias (Mata Atlântica) do município de Guarapari, ES**. 2003, 132f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univers. 1981. 17p. (Boletim de extensão, 29).
- DEMATTÊ, J.A.M.; DEMÉTRIO, V.A. Fotointerpretação de padrões de drenagem em amostras circulares na caracterização de solos basálticos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.20, p.109-115, 1996a.
- DEMATTÊ, J.A.M. & DEMÉTRIO, V.A. Padrões de drenagem em áreas de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas ácidas na região de Guarapuava (PR). . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.20, p.305- 311, 1996b.
- DOORNKAMP, J. C.; KING, C.A.M. **Numerical analysis in geomorphology: An introduction**. London: Edward Arnold Ltd., 1971. 372p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Água: Recurso natural finito e estratégico**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2001. 20p. (EMBRAPA Milho e Sorgo. Documentos, 16).
- FAO. **Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach**. Fao land e Water Bulletin 2. FAO, Rome, 1995. 60p.
- FERNANDES, M.R.; SILVA, J.C. **Programa estadual de manejo de sub-bacias hidrográficas: fundamentos e estratégias**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 1994. 24p.
- FRANÇA, G.V. **Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**, SP. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1968. 151p. (Tese de Doutorado).
- FRANK, L. A. The big splash. Secandus, N.J.; Carol Publishing, 1990.
- HATCH, A.B. Some chemical properties of forest stream water in Western Australia. Perth: Forest Department, 1976. 26p. (Bulletin, 89)
- HEM, J.D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. Washington: U.S. Geological Survey, 1970. 363p. (Water Supply Paper, 1473)
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. **Geol. Soc. Am.**, V. 56, p.275-370, 1945.

- HORTON, R.E., 1932. *Drainage Basin Characteristics*. Trans. **American Geophysical Union**, 13: 350-361
- LACERDA, M.P.C.; ALVARENGA, M.I.N. Recursos naturais da microbacia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 21- 32, 2000.
- LANA, Cláudio Eduardo, ALVES, Júlia Maria de Paula e CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: **Rev. Esc. Minas**, vol.54, n.2, p.121-126. 2001.
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 3. ed. Campinas: SBCS; SNLCS, 1996. 84p.
- LIMA, W.P. **Apostila sobre manejo de microbacias hidrográficas**, Piracicaba-SP, Universidade de São Paulo. Disponível em < <http://lcf.esalq.usp.br/lhf/> >. Acesso em 09/10/2003.
- LULL, H.W.Y.; REINHART, K.G. Forest and floods in the Eastern United States., USDA **Forest Service** NE res. Pap. N.226, p.1-94, 1972.
- MEIJERINK, A. M. J. Data acquisition and data capture through terrain mapping units. **ITC Journal, Wageningen**, v. 1988, n.1, p. 23-44, 1988.
- MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, p.33-38. 2002.
- MEYERINCK, A.M.J. et al. Ilwis: An integrated land and watershed management and information system (with application in Sumatra, Indonesia). Publication n°7. ITC, Enschede. 1998.
- MORISAWA, M., 1968. **Streams: their dynamics and morphology**. McGraw-Hill Book Co., New York, 174 p.
- MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando à identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Piracicaba.
- MOTA, P.E.F. O recurso natural solo. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, 7(80):3-11, 1981.
- NASCIMENTO, M. C. do. **Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Alegre – ES**. 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.
- O'LOUGHLIN, C. The forest and water relationship. **New Zealand Forestry**, v.39, n.3, p.26-30. 1994.

PAVANELLI, G. C. **Estudos ambientais da planície de inundação do rio Paraná no trecho compreendido entre a foz do rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu.** In: Workshop do projeto Piracena, 2., 1996. Nazaré Paulista SP. Anais...Piracicaba: CENA, 1996. P. 69-72.

PIELOU, E.C. **Freshwater.** Chicago: The University of Chicago Press, 1998, 275p.

PISSARRA, T. C. T., POLITANO, W. e FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Rev. Bras. Ciênc. Solo.** [online]. mar./abr. 2004, vol.28, no.2 [citado 14 Abril 2005], p.297-305. Disponível na World Wide Web: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832004000200008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000200008&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0100-0683.

RESENDE, M. **Ambiente Agrícola: percepção e integração.** Alternativas – Cadernos de Agroecologia – Solos. N.4, p.1-17, 1996.

RESENDE, M. CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 105, 1983. p. 3-25.

RIBEIRO, A.C.; RESENDE, M.; FERNANDES, B. Latossolos em horizonte subsuperficial escurecido na região de Viçosa. **Revista Ceres**, v.19, p.280-298, 1972.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água – tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 332p., 1991.

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

ROCHA, K da S. **Application of remote sensing and geographic information system for land-cover and land-use mapping in Pedro Peixoto colonization project in the state of Acre, Brasil.** University of Florida, 2000. 90p.

SANTANA, D.P. A Importância da classificação de solos e do meio ambiente na transferência de tecnologia. **Informe Agropecuário**, V. 9, n.105: 80-102, 1983.

SANTOS, R. F. dos; CARVALHAIS, H. B.; PIRES, F Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas. **Caderno de Informações Georreferenciadas**, Vol. 1, n. 2, 1997. disponível em <<http://orion.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n2a2.html>>. Acesso em 10/02/2005.

SANTOS, R. M. dos. **Estruturação topológica de grandes bases de dados de bacias hidrográficas.** 2004. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

- SCARDUA, R. **Hidrometria**. Centro de treinamento básico de conservação do solo. 1977. 37 p. (datilografado).
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, p. 597- 646, 1956.
- SÉ, J. **O Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo**. 1992 Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SEREBREENICK, S. Planejamento regional. **Revista Brasileira de Geografia**. V. 25 p.95-118, 1993.
- SILVA, J.X. da. **Geoprocessamento para análises ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001. 228p.
- SILVA, J.X. da. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 117f. (Tese de Doutorado).
- SILVA, J.X. da; CARVALHO FILHO, L.M. **Sistema de informação geográfica: uma proposta metodológica**. In: Tauk-Tornisielo S. M. Análise Ambiental: estratégias e ações. T. A. QUEIROZ (ed.), Fundação Salim Farah Maluf, Rio Claro, São Paulo, p. 329-344. 1995.
- SIMÕES, M.; FUCKS, S.; ALVARENGA, R. **O sistema de informações georeferenciadas de solos da EMBRAPA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. . Resumos expandidos, Viçosa: SBCS/UFV, 1995. v. III p. 1613-1615.
- SOARES, J.V. **Hidrologia Florestal**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/dsr/viane/CursoHF/>  
Acesso em: 10/11/2003.
- SOPPER, W.E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Jornal of Environmental Quality**, v.4, n.1, p.24-29, 1975.
- SOUZA. E.R de; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n.207, p. 15-20, nov./dez. 2000.
- SPEIDEL, D.H.,; RUEDISILI, L.C.; AGNEW, A.F. **Perspectives on water: uses and abuses**. New York: Oxford University Press, 388p. 1988
- SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução a qualidade a água e ao tratamento de esgotos. 2ªed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 1996. 243p.

- STRAHLER, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. American Geophysical Union**, 38: 913-920.
- STRAHLER, A.N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. **Bull. Geological Society of America**, 69:279-300, 1958.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**. 63(10):1117-1142, 1952.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. American Geophys. Union**, 38:913-920, 1957.
- STUDART, T.M.C. **Notas de aula de Hidrologia**, 2003. Disponível em: < <http://www.deha.ufc.br/ticianahidrologia/apostila.htm> >. Acessado em: 1/11/2003.
- SWIFT, L.W.J. Forest access roads: desing, maintenance and soil loss. In: SWANK, W.; CROSSLEY, D.A.J. **Forest Hydrology and Ecology at Coweeta**. New York: Springer-Verlang, 1998. p.35-55. (Ecological Studies)
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.943p.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003. 248p.
- VALENTE, O. F. ; CASTRO, P. S. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 40-45. 1981.
- VALENTE, O. F.; DIAS, H. C. T. Bacia hidrográfica como unidade de produção de água. **Ação ambiental**, Viçosa, n. 20, p. 8 – 9. 2001.
- VALERIANO, M. de M.; Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 7, n.3, p539-546, 2003a.
- VALERIANO, M. de M.; Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 7, n.2: 303-310, 2003a.
- VIVAN, J.L. **Agricultura e floresta: princípios de uma integração vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207p.
- VZZOTTO, V.R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, n.6, v..30, p.965-969, 2000.

WANG, X.; YIN, Z. **An evaluation of using Arcinfo to extract basin physiographic parameters from DEMs.** In: ESRI INTERNATIONAL USER CONFERENCE PROCEEDINGS, ESRI, Redlands, Ca, 1997.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analices.** New York: Springer-Verlag, 1991. 331p.

ZAKIA, M.J.B. **Identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações do manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de matas nativas.** 1988. 99f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

#### PERFIL 1

Data: 09/05/2005

Classificação: Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0751867 7835070.

Situação: Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, no terço inferior da elevação, com 30% de declive, sob mata em regeneração.

Altitude: 335m

Litologia:

Material de Origem: Provavelmente Gnaisse.

Pedregosidade: Ligeiramente pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: Bem drenado

Uso Atual: Regeneração

Erosão: Ligeira

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 9 cm; vermelho (7,5 YR 5/4), Franco argilo arenosa; fraca muito pequena granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
- AB 9 – 14 cm; vermelho (7,5 YR 5/6), Argilo arenosa; fraca pequeno e médio granular; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso, transição plana e clara.
- BA 14 – 28 cm; vermelho amarelado (7,5 YR 6/6), Argilo arenosa; fraca pequeno e médio granular; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso, transição plana e gradual.
- Bi 28 – 52 cm; vermelho amarelado (7,5 YR 5/8), Argilo arenosa; moderada médio granular; duro, firme, plástico, pegajoso, transição plana e gradual.
- C 52 – 180 cm; vermelho amarelado (7,5 YR 5/6), Argilo arenosa; forte grande granular; extremamente duro, firme, plástico, pegajoso, transição plana e gradual.
- Cr 180 – 200 cm; vermelho amarelado (7,5 YR 5/8), Argilo arenosa; forte grande granular; extremamente duro, firme, plástico, pegajoso.

Raízes Muitas e finas, médias e grossas no horizonte A, muitas e finas, médias e grossas no horizonte AB, muitas e comuns, finas, médias e grossas no horizonte BA, comuns, poucas e finas no horizonte C, poucas e muito finas no horizonte Cr.

## PERFIL 2

Data: 09/05/2005

Classificação: Neossolo Quartzarênico Órtico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0751461 7835086.

Situação: Descrito e coletado em trincheira aberta em no terço inferior da elevação com 60% de declive e sob vegetação pioneira local.

Altitude: 360 metros

Litologia:

Material de Origem:

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado a montanhoso

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: excessivamente drenado

Uso Atual: Mata

Erosão: Não aparente

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 11 cm; cinza escuro (7,5 YR 4/2), Areia franca; grãos simples pequeno granular, solto, solto, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.
- Ar1 11 – 25 cm; cinza escuro (7,5 YR 7/2), Areia; grãos simples pequeno granular; solto, solto, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- Ar2 25 – 50 cm; cinza escuro (10 YR 6/3), Areia franca; grãos simples pequeno granular; solto, solto, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- C 50 – 120 cm; cinza escuro (7,5 YR 6/4), Areia franca; grãos simples pequeno granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico, ligeiramente pegajoso.
- Raízes Abundantes e muito finas, finas, médias e grossas no horizonte A, Ar1, Ar2 e C.

### PERFIL 3

Data: 10/05/2005

Classificação: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0751259 7836288.

Situação: Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, no terço inferior da elevação, com 63% de declive, sob cultura de eucalipto.

Altitude: 486 metros

Litologia:

Material de Origem: Provavelmente Gnaisse

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado a montanhoso

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: Bem drenado

Uso Atual: Plantio de eucalipto (*Eucalyptus sp.*).

Erosão: não aparente

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |        |   |
|--------|---|
| A      | 0 – 11 cm; Bruno (2,5 YR 3/4), Franco arenosa; fraca muito pequena e pequena granular; solto, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.   |
| AB     | 11 – 20 cm; Bruno (5 YR 3/4), Franco arenosa; fraca pequeno e muito pequeno granular; solto, friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.  |
| BA     | 20 – 54 cm; Bruno (2,5 YR 3/4), franco argilo arenosa; fraca pequeno e muito pequeno granular; solto, friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e difusa.  |
| Bw1    | 54 – 115 cm; Bruno (5 YR 3/4), franco argilo arenosa; fraca pequeno e muito pequeno granular; solto, friável, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara   |
| Bw2    | 115 – 158 cm; Bruno (5 YR 4/6), franco argilo arenosa; fraca pequeno e muito pequeno granular; solto, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso, transição plana e clara   |
| Bw3    | 158 – 210 cm; Bruno (5 YR 4/6), franco argilo arenosa; fraca pequeno e muito pequeno granular; solto, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso.   |
| Raízes | Abundantes finas, médias e grossas no horizonte A, muitas finas e médias no horizonte AB, muitas finas e médias no horizonte BA, muitas finas e médias no horizonte Bw1, comuns finas e médias no horizonte Bw2, poucas e muito finas no horizonte Bw3. |

## PERFIL 4

Data: 10/05/2005

Classificação: Latossolo Amarelo Distrófico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0751224 7835475.

Situação: Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, no terço superior da elevação, com 29% de declive, sob cultura de *Eucalyptus sp.*

Altitude: 561 metros

Litologia:

Material de Origem: Provavelmente Gnaisse

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado a montanhoso

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: Bem drenado

Uso Atual: Plantio de eucalipto (*Eucalyptus sp.*).

Erosão: Ligeira

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- |     |  |
|-----|--|
| A   | 0 – 10 cm; Vermelho amarelado (105 YR 3/6), Franco argilo arenosa; fraca muito pequena, pequena e média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.   |
| AB  | 10 – 20 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 4/4), Franco argilo arenosa; fraca muito pequena, pequena e média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e difusa. |
| BA  | 20 – 49 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 4/4), Franco argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.                        |
| Bw1 | 49 – 100 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 5/6), Argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.                     |
| Bw2 | 100 – 150 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 6/8), Argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.                    |
| Bw3 | 150 – 180 cm; Vermelho amarelado (10 YR 5/8), Franco argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso.                                       |

Raízes Abundantes muito finas, finas, médias e grossas no horizonte A, muitas finas e médias no horizonte AB, muitas finas e médias no horizonte BA, comuns médias no horizonte Bw1, comuns médias no horizonte Bw2, poucas e muito finas no horizonte Bw3.

## PERFIL 5

Data: 10/05/2005

Classificação: Latossolo Amarelo Distrófico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0752371 7835341.

Situação: Descrito e coletado em trincheira aberta em na parte baixa da elevação com 9% de declive, sob pastagem.

Altitude: 289 metros

Litologia:

Material de Origem: Provavelmente Gnaisse

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado a montanhoso

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: Bem drenado

Uso Atual: Pastagem.

Erosão: Ligeira

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 5 cm; Vermelho amarelado (105 YR 5/4), Franco argilo arenosa; fraca muito pequena, pequena e média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.
- AB 5 – 12 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 4/4), Franco argilo arenosa; fraca muito pequena, pequena e média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e gradual.
- BA 12 – 39 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 5/6), Franco argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e clara.
- Bw1 39 – 77 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 6/6), Argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.
- Bw2 77 – 110 cm; Vermelho amarelado (7,5 YR 6/6), Argilo arenosa; moderada média granular; macio, friável, não plástico, ligeiramente pegajoso.

Raízes Muitas muito finas, finas, médias e grossas no horizonte A, muitas finas e médias no horizonte AB, poucas finas no horizonte BA, raras finas no horizonte Bw1, raras finas no horizonte Bw2.

## PERFIL 6

Data: 10/05/2005

Classificação: Neossolo Flúvico Órtico típico

Localização: Fazenda Maanaim, Timóteo – MG. Coordenadas UTM: 23K 0752015 7835266.

Situação: Descrito e coletado em trincheira aberta a margem do córrego do Zerede com 43% de declive e sob mata ciliar.

Altitude: 294 metros

Litologia:

Material de Origem: Provavelmente Gnaisse

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Rochosa

Relevo Regional: Forte ondulado

Relevo local: Forte ondulado a montanhoso

Vegetação Primária: Floresta estacional semidecidual

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Uso Atual: Mata

Erosão: Ligeira

Descrito e Coletado por: Nilson Gomes Bardales, Marcelo Rodrigo Alves

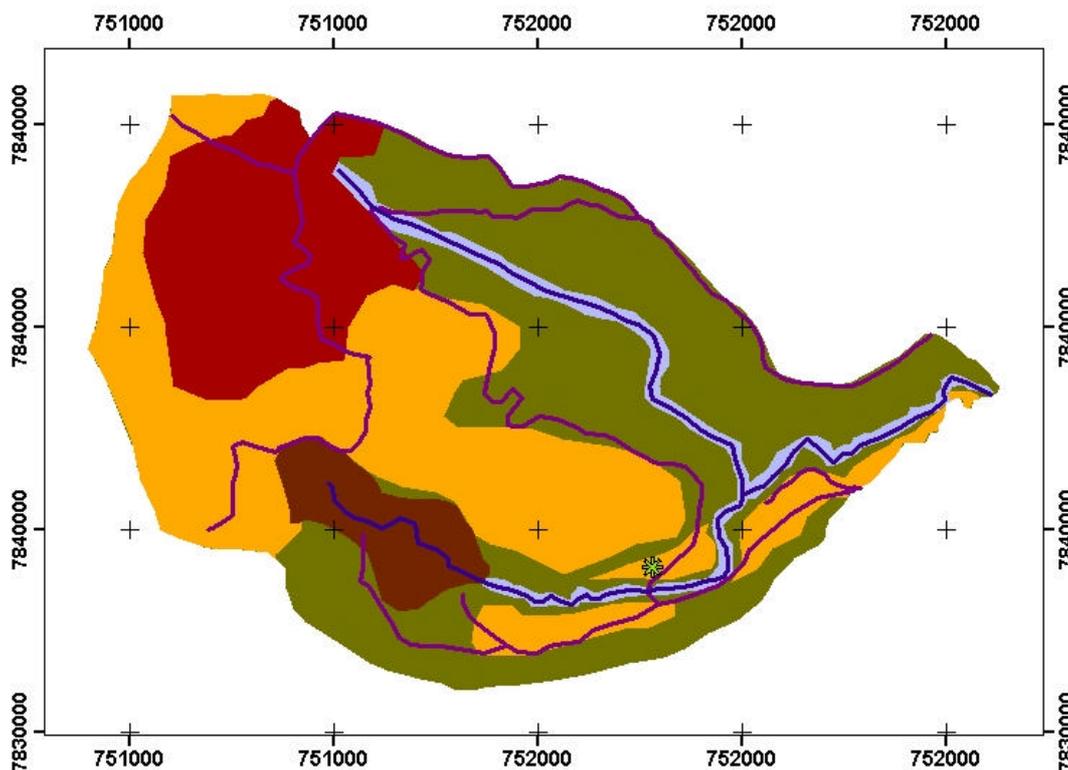
## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0 – 8 cm; amarelo (10 YR 5/3), Franco arenosa; grãos simples pequeno granular, solto, solto, não plástico, não pegajoso, transição plana e clara.
- AB 8 – 25 cm; amarelo (10 YR 6/6), Franco arenosa; grãos simples pequeno granular; solto, solto, não plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- C1 25 – 50 cm; amarelo (10 YR 6/3), Franco arenosa; grãos simples pequeno granular; solto, solto, ligeiramente plástico, não pegajoso, transição plana e gradual.
- C2 50 – 110 cm; amarelo (10 YR 6/6), Franco arenosa; grãos simples pequeno granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- Raízes Muitas médias e grossas no horizonte A, muitas médias e grossas no horizonte AB, comuns e médias no C, raras e médias no horizonte C2.

## APÊNDICE B

Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo – MG.

## Mapa de Solos da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo - MG



### Legenda

#### Unidades Pedológicas

- Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico
- Latossolo Amarelo Distrófico típico
- Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico
- Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico
- Neossolo Quartzarênico Órtico típico

#### Convenções

- sede
- córrego
- estradas

Escala  
1:11.000

