

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
OCUPAÇÕES NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO  
DA FAZENDA GLÓRIA EM TAQUARITINGA (SP)**

**Tatiane Pereira Santos Moraes**

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
Abril de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
OCUPAÇÕES NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO  
DA FAZENDA GLÓRIA EM TAQUARITINGA (SP)**

**Tatiane Pereira Santos Morais**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Teresa Cristina Tarlé Pissarra**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**  
Abril de 2010

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**TATIANE PEREIRA SANTOS MORAIS** – Filha de Domingos Pereira dos Santos Júnior e Anália Terezinha das Graças. Nascida dia 30 de dezembro de 1981 em Uberlândia, Estado de Minas Gerais. cursou o Ensino Médio na Escola Estadual Guiomar de Freitas Costa e no Colégio do Triângulo de Ensino Fundamental e Médio, no período de 1997 a 1999. Em agosto de 1999 ingressou no Curso de Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Foi bolsista de Iniciação Científica pelo programa PIBIC/CNPq durante o período de agosto de 2002 a outubro de 2003, em que desenvolveu trabalho intitulado “Dinâmica da matéria orgânica em alguns sistemas de uso e manejo do solo”. No dia 3 de julho de 2004 obteve o título de **Engenheira Agrônoma**. Em março de 2005 iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, na mesma Universidade, onde foi bolsista da CAPES. No dia 4 de dezembro de 2006 submeteu-se à banca para a defesa da Dissertação e obteve o título de **Mestre em Agronomia (Fitotecnia)**. Em abril de 2005 iniciou o Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Plantas Ornamentais e Paisagismo, na Universidade Federal de Lavras – UFLA. No dia 17 de agosto de 2007 submeteu-se à banca para a defesa da Monografia e obteve o título de **Especialista em Plantas Ornamentais e Paisagismo**. Em agosto de 2007 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Câmpus de Jaboticabal, onde foi bolsista da CAPES. No dia 27 de abril de 2010 obteve o título de **Doutora em Agronomia (Ciência do Solo)**.

A ciência e a religião são as alavancas da inteligência humana.

Allan Kardec

...70% do nosso corpo respondem à maneira como tratamos e pensamos

nossas águas internas e externas.

Masaru Emoto e Fundación Dodes

(A Mensagem da Água, 2009)

## DEDICATÓRIA

À minha mãe, Anália Terezinha das Graças, exemplo de força, perseverança, respeito ao próximo e à natureza. Minha grande incentivadora para que eu fizesse dos estudos a minha alavanca para a vida.

Com você aprendi: Um país se faz com homens e livros.  
Monteiro Lobato

À minha irmã, Fabiane Pereira Santos, exemplo de trabalho, fé na vida e caridade para com o próximo.

Com você aprendi: Ninguém quer saber o que fomos, o que possuíamos, que cargo ocupávamos no mundo; o que conta é a luz que cada um já tenha conseguido fazer brilhar em si mesmo.  
Chico Xavier

Ao meu esposo, Josué Silva de Moraes, exemplo de dedicação ao trabalho, à ciência e à nossa família.

A vida nos ensinou que o amor não consiste em olhar um para o outro, mas sim olhar juntos para fora na mesma direção.  
Antoine de Saint-Exupéry

Aos nossos dois amados filhos, que chegaram há pouco tempo e já se fazem tão presentes e indispensáveis em nossas vidas.

Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.  
O Pequeno Príncipe - Antoine de Saint-Exupéry

Meus filhos terão computadores, sim, mas antes terão livros. Sem livros, sem leitura, os nossos filhos serão incapazes de escrever inclusive a sua própria história.  
Bill Gates

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pela valiosa orientação acadêmica, autêntica demonstração de profissionalismo, a quem considero como um exemplo de vida, de excelente profissional e de mãe.

Os bons educadores são aqueles que vão um pouquinho mais além do que os outros.

E quando você extrapola um pouco a sua função de educador,  
você se torna um típico educador extraordinário,  
aquele que verdadeiramente transforma a Educação.

Roberto Carlos Ramos

À Engenheira Agrônoma MsC. Fabiana Camargo dos Reis, pela grande ajuda e contribuição durante todo o processo de elaboração e conclusão da tese.

## AGRADECIMENTOS

Nesse momento, posso afirmar que todos com os quais convivi desempenharam um importante papel para o término desta etapa tão importante em minha vida.

A Deus, meu grande orientador, fonte de energia, sabedoria e fé na vida. Sou grata por poder alcançar tão almejada realização.

Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima.  
Louis Pasteur

À UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pela minha formação em nível de Doutorado.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, do Departamento de Solos e Adubos e do Departamento de Ciências Exatas.

Aos professores Dr. José Frederico Centurion, Dr. José Marques Júnior, Dr. Renato Farias do Valle Júnior e Dr. Sérgio Campos por terem sido membros de minha banca de qualificação e pelas importantes contribuições para esta tese.

Aos professores Dr. João Antônio Galbiatti, Dr. José Frederico Centurion, Dr. Renato Farias do Valle Júnior e Dr. Sérgio Campos por terem sido membros de minha banca de defesa desta tese e pela experiência profissional compartilhada.

Aos técnicos do Laboratório de Fotointerpretação, do Departamento de Engenharia Rural, Izilda Maria de Carvalho Máximo e Ronaldo José de Barros.

A todos os funcionários da secretaria de pós-graduação, em especial à Karina Severo.

À bibliotecária Tieko Sugahara, pela gentileza e correções das referências bibliográficas.

À equipe que realizou a coleta de solos, Flávia, Gomes, Luiz Cláudio, Ronaldo, Teresa, Tiago e o motorista da Unesp.

Ao Diego Silva Silveira, doutorando da UNESP – FCAV, pelo auxílio no uso do programa *Surfer*.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de Doutorado.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro para a realização das análises de solo.

À UFU - Universidade Federal de Uberlândia, pela minha formação em nível de graduação e mestrado.

Assim como no Mestrado, agradeço novamente à população brasileira, que por meio de impostos pagos, mantém instituições públicas, bem como a Universidade Estadual Paulista e a bolsa de estudos que recebi.

À agradável cidade de Jaboticabal, lugar onde conquistei verdadeiros amigos.

À UNENLAR – União Espírita Nosso Lar – apoio imensurável durante os quatro anos em que morei na cidade de Jaboticabal. Levarei muitos bons exemplos de pessoas que trabalham incessantemente em prol do próximo.

À Mariza Nakamura, Tonhão e a todos os nossos alunos do Cursinho Unificado Popular do Lar Santo André.



À Maria Pissarra Chueire, pelos momentos de alegria, descontração e por nossos estudos. As crianças nos ensinam muito...

Aos amigos da UNESP, pelos ensinamentos compartilhados e convivência agradável. Levarei comigo cada cantinho do Brasil representado por vocês: Alba Leonor da Silva Martins (São Luís – MA), Bruno Robson de Carvalho Máximo (Jaboticabal – SP), Cinara Xavier de Almeida (Monte Carmelo – MG), Christiano Luna Arraes (Crato – CE), Fabiana Camargo dos Reis (Santa Rita do Passa Quatro – SP), Fabiana de Souza Pereira (Ipameri – GO), Flávia Mazzer Rodrigues e Laura Rodrigues da Silva “Laurinha” (Ribeirão Preto – SP), Leandra Oliveira Santos (Janaúba – MG), Livia Arantes Camargo (Ribeirão Preto – SP), Maria Conceição Lopes (Campinas – SP), Michelle Cláudia da Silva (Aquidauana – MS), Ramilo Nogueira Martins (Janaúba – MG), Ricardo Jorge Falqueto (Venda Nova do Imigrante – ES), Thaís Volante (Taquaritinga – SP).

P.S.: Um cantinho da África também: Quintília da Conceição Nicolau (Beira – Moçambique).

Enfim, agradeço a todos que participaram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, e também aos que trabalham no desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida através da pesquisa, sem levar em conta as dificuldades encontradas ao longo do caminho.

"Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, pois cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra. Cada um que passa em nossa vida passa sozinho, mas não vai só, nem nos deixa sós. Leva um pouco de nós mesmos, deixa um pouco de si mesmo. Há os que levam muito, mas não há os que não levam nada. Essa é a maior responsabilidade de nossa vida".

Antoine de Saint-Exupéry

## ÍNDICE

RESUMO .....	1
SUMMARY .....	2
I. INTRODUÇÃO .....	3
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Uso e manejo do solo.....	5
2.2 Geomorfologia.....	10
2.3 Bacias hidrográficas .....	14
2.4 Atributos físicos e químicos do solo.....	19
2.5 Modelo digital de elevação.....	22
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1 Materiais .....	27
3.2 Métodos .....	30
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.2 Avaliações do uso/ocupação nas microbacias .....	44
4.3 Avaliações em cada microbacia quanto ao uso e ocupação do solo.....	48
4.4 Simulações do fluxo de água nas vertentes da microbacia.....	52
V. CONCLUSÕES .....	57
VI. REFERÊNCIAS .....	58

## RESUMO

A retirada da cobertura vegetal original e a implantação de áreas de pastagem e cana-de-açúcar, com práticas de manejo inadequadas, acarretam modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, com limitações na utilização agrícola e susceptibilidade à erosão. Assim, estudos dos processos físicos e químicos são importantes para avaliar as mudanças de origem natural ou antrópica sobre os meios. O estudo teve como objetivos avaliar os atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em três microbacias hidrográficas, em áreas de vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar bem como analisar a ocorrência das áreas de maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior predisposição ao processo erosivo nas microbacias. A área de estudo compreendeu a microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, Estado de São Paulo. Para a amostragem do solo foi realizada a caracterização do volume superficial, e essas amostras foram coletadas na superfície das vertentes das microbacias e em cada uso/ocupação selecionado. Os resultados obtidos foram avaliados por meio da comparação de médias para o teste de Tukey a 5%. A partir das curvas de nível da carta topográfica e dos pontos levantados com receptor geodésico de navegação com metodologia diferencial foi gerado uma malha de pontos georreferenciados em cada microbacia, para gerar o modelo numérico do terreno a partir da incorporação dos divisores de água e da rede de drenagem. As avaliações dos atributos físicos e químicos dos solos nas microbacias hidrográficas e em diferentes tipos de uso e ocupação demonstraram uma diferença significativa entre as áreas. O manejo do solo alterou os atributos químicos e físicos com impacto nas camadas superficiais do solo. A matéria orgânica foi um dos atributos mais sensíveis às transformações desencadeadas pelo manejo. O modelo digital de elevação do terreno apresentou potencial na escala de estudo de microbacias; e pode auxiliar no ordenamento do território, planejamento urbano e regional e zoneamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** bacia hidrográfica, química do solo, física do solo, erosão

## SUMMARY

The removal of original vegetation cover and the deployment of pastures and sugarcane, with inadequate management practices, cause changes in the chemical, physical and biological properties of soils, with limitations on agricultural use and susceptibility to erosion. Thus, studies of physical and chemical processes are important to assess changes of natural development or anthropic on the means. The study was conducted to evaluate the physical and chemical attributes of a Ultisol in three watersheds, in areas of native vegetation, pasture and sugarcane, as well as, analyze the occurrence of the areas of greatest runoff and, consequently, greater predisposition to erosive processes in watersheds. The study area was the Córrego da Fazenda Glória watershed, Municipality of Taquaritinga, State of São Paulo. Soil sampling was performed to characterize the superficial volume, and these samples were collected on the surface of the watersheds and in three different land use selected. The results obtained were evaluated by the comparison of averages for the Tukey test at 5%. From the curves in a topographical map and from points collected with geodetic navigation receiver in a differential methodology was generated a digital elevation method in each watersheds. The assessments of physical and chemical attributes of soils in hydrographic watersheds and different land uses demonstrated a significant difference between the areas. Soil management altered the chemical and physical attributes impact in the soil superficial layers. The organic matter was one of the attributes more sensitive to changes due to agricultural practices. The digital terrain model showed a great potential, considering the scale of study of watersheds; and can help in spatial planning, urban and regional planning and zoning.

**KEYWORDS:** watershed, soil chemistry, soil physics, soil erosion

## I. INTRODUÇÃO

A paisagem geomorfológica vem sendo modificada ao longo dos anos devido à falta de um planejamento conservacionista, que pode ser caracterizado pelo mau uso e ocupação dos solos nas áreas que perfazem a unidade territorial de microbacia (TORRES & FABIAN, 2006). A incorporação de espaços naturais para os cultivos agrícolas e o estabelecimento de pastagens para o gado alteram as características físicas e químicas dos solos, muitas vezes resultando em degradação que se manifesta pela perda de fertilidade, compactação, além de erosão (BRONICK & LAL, 2005; OLIVEIRA et al., 2008).

A bacia hidrográfica, em termos ambientais, é a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas, seja na ocupação de terras com atividades agrícolas ou na urbanização (FLORENZANO, 2008). Também é uma das melhores unidades para o planejamento e desenvolvimento sócio-econômico de uma determinada região (QUEIROZ, 2008). Considera-se a bacia hidrográfica como sendo uma unidade territorial de trabalho para fins de manejo e conservação do solo e da água, por ser um sistema aberto no qual as ações que ocorrem na superfície refletem principalmente no recurso hídrico (PISSARRA, 2002).

O fluxo d'água, o transporte de sedimentos e de poluentes estão diretamente relacionados com a declividade do terreno e a mudança de origem natural e, principalmente, antrópica. Como o planejamento dos recursos naturais visa à melhoria da qualidade do meio ambiente e da vida populacional, são necessários estudos que planejem o uso dos recursos naturais e que avaliem a degradação. O diagnóstico da situação atual em uma bacia hidrográfica permite reconhecer qual a melhor unidade para o manejo, sendo este um instrumento necessário para a preservação e gerenciamento destes recursos.

A área de estudo, localizada na Microbacia Hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, está inserida na Bacia do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi Guaçu e comporta uma grande responsabilidade socioambiental para a região nordeste do estado de São Paulo. Possui áreas de remanescentes da Mata Atlântica, uma diversidade de áreas

agrícolas, características naturais e sistemas de ocupação antrópica diversificados. Atualmente, sua cobertura original encontra-se bastante reduzida, devido principalmente ao uso para pastagens e cultivo da cana-de-açúcar (PISSARRA et al., 2005). Assim, tornam-se necessárias pesquisas no sentido de detectar o nível de degradação em que o solo se encontra e, a partir de técnicas conservacionistas, preservarem a qualidade do solo e da água, viabilizando, concomitantemente, o desenvolvimento da agricultura local.

Justificou-se este trabalho tendo em vista a necessidade de estudos em unidades territoriais de microbacias hidrográficas e dos diferentes usos e ocupações do terreno.

Como hipótese de trabalho teve-se a suposição de que há diferença entre os diferentes tipos de uso/ocupação com relação às características químicas e físicas dos solos. A experimentação levou à verificação da hipótese.

Os objetivos desse estudo foram avaliar os atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em três microbacias hidrográficas, em áreas de vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar, bem como analisar a ocorrência das áreas de maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior predisposição ao processo erosivo nas microbacias.

## II. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Uso e manejo do solo

Dentre os recursos naturais mais degradados pelo homem, o solo é atualmente o que mais sofre alteração em suas características naturais devido à exploração inadequada. A história do uso do solo mostra que essa alteração nem sempre dá lugar a um novo sistema ecológico sustentável, desse modo, solos utilizados intensamente e de forma inadequada são levados à degradação (ALVES, 2001). O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pelo uso e manejo inadequados (VALLE JÚNIOR, 2008).

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo, consiste em tema de crescente relevância em razão da intensificação dos impactos negativos das atividades antrópicas. Conseqüentemente cresce a preocupação com o uso sustentável e a qualidade desse recurso (ARAÚJO et al., 2007). A avaliação do uso e ocupação do solo em propriedades rurais no diagnóstico agroambiental em bacias hidrográficas é de suma importância para auxiliar no manejo da propriedade rural e na tomada de decisão para a implantação de técnicas de produção agropecuária. Este enfoque no contexto de bacias hidrográficas tem relevância econômica, social e ambiental, além de avaliar impacto sobre o uso e manejo dos solos em escala regional (RODRIGUES, 2008).

O mais indicado seria o uso e o manejo do solo que estabelecessem uma associação conveniente das propriedades físicas, químicas e biológicas, de modo a possibilitar condições cada vez melhores para o desenvolvimento vegetal, promovendo, conseqüentemente, menores perdas de solo e de água e assim, maior produtividade associada à qualidade ambiental (SOUZA & ALVES, 2003).

A paisagem das microbacias vem sendo modificada ao longo dos anos devido à falta de um planejamento conservacionista, que pode ser caracterizado pelo mau uso e ocupação dos solos nas áreas (TORRES & FABIAN, 2006).

O manejo integrado em microbacia hidrográfica implementa uma nova maneira de se planejar e utilizar os recursos naturais, indo de encontro ao desenvolvimento sustentável (ROCHA & KURTZ, 2001). Para a implantação dessa proposta é necessário o conhecimento do meio físico e de sua aplicabilidade, que traz informações relevantes na relação solo-superfície. Este estudo aborda pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os consequentes processos ambientais, e descreve a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando variadas questões geomorfológicas no que tange as diferenças entre os graus de declive nas vertentes (CHRISTOFOLETTI, 1974; MACHADO & BACARO, 2003).

A conservação do solo e a produtividade das culturas podem ser negativamente afetadas por mudanças causadas à composição e arranjos dos constituintes do solo por diferentes sistemas de manejo (SILVA et al., 2006). Devido à grande pressão do uso dos recursos naturais em função do aumento da população e às técnicas de manejo que têm sido utilizadas para o cultivo, nem sempre há a preocupação com a sustentabilidade do sistema. Essas técnicas utilizadas de forma inadequada causam a degradação do solo (MATIAS, 2003).

Dentre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as frequentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Nas zonas rurais, o manejo inadequado do solo, sem a observância dos limites e riscos de degradação ambiental, tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados, sendo um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental (GUERRA & CUNHA, 1996; VALLE JÚNIOR, 2008).

O manejo do solo pode alterar atributos químicos, físicos, mineralógicos e biológicos, com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo. O uso agrícola dos solos altera, normalmente, as propriedades do solo, dependendo das condições edáficas e climáticas. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultam em mudanças na composição e arranjo dos constituintes do solo, que podem em alguns casos, prejudicar a conservação desse recurso natural e reduzir a produtividade das culturas (CORÁ, 1997).



O manejo inadequado do solo e a diminuição do teor de matéria orgânica comprometem a estrutura física do solo, agindo como principal agente de depauperamento das terras. De início pode refletir o mau uso do solo, em seguida, interferir nas condições intrínsecas da área, como a geologia, a geomorfologia e as bacias hidrográficas (GALATTI FILHO, 2006).

A caracterização e análise dos aspectos físicos-ambientais de microbacias hidrográficas representam um instrumento indispensável para o ordenamento do uso e ocupação das terras na agricultura. Na elaboração de planejamentos agroambientais exigem-se, dentre outras informações, aquelas relacionadas ao diagnóstico físico, envolvendo aspectos de solos, clima, relevo, vegetação, recursos hídricos, dentre outros. A introdução, junto aos agricultores, de técnicas disponíveis e comprovadas de manejo e conservação do solo, constitui condição indispensável para minimizar o processo de degradação ambiental (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993).

Do ponto de vista qualitativo, a proteção dos solos e dos recursos hídricos depende fundamentalmente de medidas disciplinadoras do uso do solo na bacia hidrográfica. A qualidade final da água no rio reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, cada um dos usos do seu espaço físico produzindo um efeito específico e característico (VALLE JÚNIOR, 2008).

O manejo inadequado do solo é um dos fatores mais agravantes que acarreta prejuízos para o meio ambiente, como a retirada das matas e o cultivo do solo sem levar em conta a sua aptidão agrícola, ocorrendo o arraste das partículas e também o aparecimento de erosões, pois parte do material erodido é carregado para os corpos de água, contribuindo para o assoreamento dos rios. Além disso, o cultivo próximo das nascentes pode contaminar a rede de drenagem e os reservatórios com agrotóxicos (OLIVEIRA, 1999).

Segundo MARCHIORI JÚNIOR & MELO (2000), o uso do solo na agricultura, depois de retirada a vegetação natural, tem frequentemente mostrado alterações nas propriedades biológicas, químicas e físicas, dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas.

O preparo do solo e o pisoteio animal influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, podendo afetar o sistema radicular e a produção das culturas.

Nos sistema de pastagem, a pecuária promove alterações dos recursos naturais, causando impactos diretos no solo, no subsolo, na vegetação, na água e na fauna. Desses, o impacto visual da alteração da paisagem em decorrência do desmatamento é o que mais chama a atenção. Existe estreita relação entre o tipo de vegetação e as propriedades do solo sobre o qual essa vegetação ocorre. O uso do solo causa, de modo geral, grandes variações em sua composição química, visto que os diferentes tipos de vegetação o protegem de maneira diferenciada, sendo o manejo utilizado na instalação e manutenção de determinado cultivo quase tão importante quanto o tipo de vegetação que cobre o solo. Muitas regiões com vegetação nativa vêm sendo desmatadas e convertidas em pastagens de baixo valor, com a conseqüente degradação do solo, o que resulta não só em alterações químicas, físicas e biológicas do solo, como também na diminuição dos níveis dos lençóis freáticos e na vazão dos rios, por meio do assoreamento (SILVA et al., 2006).

Mesmo em solos de baixa fertilidade, florestas exuberantes não apresentam sintomas de deficiências nutricionais, uma vez que o ciclo de nutrientes é praticamente fechado, verificando-se, ao longo do ano, contínua decomposição do material orgânico, associada a uma pequena perda por lixiviação e absorção de elementos do solo. Com isto, observa-se que nos solos sob mata, as perdas de nutrientes do ecossistema são menores em relação àqueles sob campo, graças, principalmente, à maior heterogeneidade da composição florística e melhor cobertura do solo durante todo o ano (FONSECA, 1984; citado por SILVA et al., 2006).

O manejo correto das culturas pode ser estabelecido quando associado ao local da paisagem, pois a variação de atributos do solo pode ser diferenciada em cada segmento de uma vertente (BRITO et al., 2006).

Atualmente, o que se verifica no uso do solo é uma ocupação desordenada que resulta na fragmentação dos remanescentes naturais de florestas tropicais. A fragmentação florestal é um dos fenômenos mais marcantes e graves do processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil (GREGGIO et al., 2009).

A avaliação do potencial do uso dos solos é necessária para identificar as áreas passíveis de utilização com atividades agrícolas, definindo o máximo da sua capacidade de uso e a sua aptidão agrícola sem correr o risco de degradação, estabelecendo o manejo correto desse solo e as áreas que devem ser preservadas (GALATTI FILHO, 2006).

A conservação do solo e da água é um dos aspectos mais importantes da agricultura moderna, sendo necessário a implantação de uma política agrícola adequada. Para viabilizar e estruturar o planejamento agrícola local ou regional, faz-se necessário o uso de informações confiáveis e atualizadas do uso e da ocupação das terras (FILADELFO JÚNIOR, 1999).

Para o planejamento e a ocupação adequada do uso do solo, torna-se necessário um desenvolvimento ordenado das atividades econômicas com a caracterização das áreas mais propícias para cada atividade, respeitando o manejo adequado de cada região. O planejamento ambiental feito em conjunto em áreas com o desenvolvimento econômico torna-se um instrumento essencial na preservação dos recursos naturais (TORNERO, 2000).

A colheita mecanizada vem ganhando espaço no setor canavieiro com o benefício de promover a cobertura do solo com resíduos da cultura de cana-de-açúcar. Tal sistema de manejo é importante principalmente em solos suscetíveis à erosão, a exemplo dos Argissolos, que ocorrem em extensas áreas do Estado de São Paulo. Com a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, esses poderão interceptar as gotas de chuva e dissipar a sua energia, evitando a desagregação das partículas e a formação do selamento superficial. Desse modo, a capacidade de infiltração e a estabilidade estrutural, características físicas mais expressivas e intimamente relacionadas com a erodibilidade seriam pouco afetadas, contribuindo para a redução da velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, a redução na sua capacidade de desagregação e de transporte das partículas do solo (BRADY & WEIL, 2002; citado por MARTINS FILHO et al., 2009).

O tipo de colheita da cana-de-açúcar pode influenciar produção e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o meio ambiente e a saúde pública. O sistema de colheita por cana queimada elimina a matéria seca e aumenta a

concentração de gás carbônico na atmosfera, contribuindo com o efeito estufa e diminuindo o teor de matéria orgânica no solo. O decreto de Lei Estadual 47.700, de 11 de março de 2003, regulamenta a Lei Estadual 11.241, de 19 de setembro de 2002, que determinou prazos para a eliminação gradativa do emprego do fogo para despalha da cana-de-açúcar nos canaviais paulistas, sendo de grande interesse agrícola e ecológico, estabelecendo prazos, procedimentos, regras e proibições que visam a regulamentar as queimas em práticas agrícolas (SOUZA et al., 2005a).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil. No sistema de colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiro, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (*mulch*) denominada palha ou palhada. A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 mg.ha<sup>-1</sup> (TRIVELIN et al., 1996).

## 2.2 Geomorfologia

A geomorfologia é a ciência que estuda o relevo da superfície terrestre, classificando, descrevendo, determinando sua natureza, origem e evolução, com vista à escala de atuação dos processos físicos, químicos e biológicos, bem como a intervenção do homem na dinâmica da paisagem. A geomorfologia contempla o conhecimento de base empírica, baseando-se em observações e experiências vivenciadas no ambiente, além do conhecimento sistemático fundamentado em levantamentos bibliográficos e cartográficos, pesquisas de campo e de laboratório, representação, análise e interpretação de dados e de informações que permitam estabelecer o comportamento do relevo (BEZERRA et al., 2006).

A geomorfologia estuda as formas de relevo, sua gênese, composição (materiais) e os processos que nela atuam. O relevo da superfície terrestre é o resultado da interação da litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, ou seja, dos processos de troca de energia e matéria que se desenvolvem nessa interface, no tempo e no espaço. No espaço, o relevo varia da escala planetária (continentes e oceanos) à

continental (cadeias de montanhas, planaltos, depressões e grandes planícies) e à local (escarpas, morros, colinas, terraços, pequenas planícies etc.). No tempo, a sua formação varia da escala geológica àquela do homem (FLORENZANO et al., 2008).

A capacidade de analisar e quantificar a morfologia da superfície terrestre em termos de características do relevo é essencial para a compreensão dos agentes físicos, químicos e processos biológicos que ocorrem dentro da paisagem. A forma do terreno influencia o fluxo d'água, o transporte de sedimentos e poluentes, a natureza e a distribuição de habitats de plantas e animais, além de ser uma expressão dos processos geológicos e do intemperismo (BLASZCZYNSKI, 1997).

As características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica como a rede de drenagem, forma, área, relevo e solos aliados ao tipo de cobertura vegetal influenciam o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (LIMA, 1986). Por possuírem papel integrador, na busca da compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pela ação antrópica, possibilitam relevantes contribuições ao diagnóstico da degradação ambiental (GUERRA e CUNHA, 1996). Assim sendo, as características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, tanto a infiltração da água quanto o escoamento superficial (LIMA, 1986; VALLE JÚNIOR, 2008). Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (QUEIROZ, 2008).

As diferentes formas de relevo presentes na superfície terrestre são oriundas da interação entre processos tectônicos, pedogenéticos e intempéricos, que atuam de forma diversificada nos diferentes materiais rochosos. As bacias hidrográficas, como um sistema individualizado, podem ser consideradas como fontes de dados relevantes para a obtenção de informações sobre a evolução do modelado da superfície da Terra (LANA et al., 2001).

A geomorfologia é uma ciência que estuda o passado para compreender o presente, e a geologia faz exatamente o inverso. A análise geomorfológica de uma determinada área implica, obrigatoriamente, no conhecimento da evolução apresentada

pelo relevo, o que é possível de se obter através do estudo das formas e das sucessivas deposições de materiais preservadas, resultantes dos diferentes processos morfogenéticos a que foi submetida (PENTEADO, 1974; CHRISTOFOLETTI, 1980; citados CASSETI, 2009).

Segundo ALMEIDA (1964), o Estado de São Paulo é dividido em cinco grandes províncias, sendo Planalto Atlântico, Planalto Ocidental, Província Costeira, Depressão Periférica e Cuestas Basálticas.

A Serra de Jaboticabal, local onde nasce o córrego da Fazenda Glória, limita a oeste cujo ponto mais alto está a 772 metros, e a leste, é limitado pelo relevo de colinas médias que caracteriza seu topo. Geralmente situa-se acima de 630 metros de altitude, com inclinação suave rumo a leste, que é também o sentido principal de escoamento da rede de drenagem que o corta, tributária do Rio Pardo. Ao longo da Serra de Jaboticabal as escarpas frontais do Planalto voltam-se para oeste, num conjunto de escarpas festonadas, desfeitas em morros testemunhos. Esta parte do planalto é subtabular mantido por basaltos capeados de arenito Bauru, denominado de planalto de Jaboticabal, onde se pode distinguir duas áreas morfológicas distintas, as cuestas de Monte Alto e o planalto colinoso (ARRAES et al., 2009).

Geologicamente, a região da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória está inserida na Bacia do Paraná, uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul Americana a partir do Devoniano Inferior (ARRAES et al., 2009).

A partir da observação do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) percebe-se que o Município de Jaboticabal apresenta as seguintes unidades litoestratigráficas: Formação Adamantina (Ka), Formação Serra Geral (JKsg) e Corpo Alcalino de Jaboticabal (K3g).

Formação Adamantina – Ka - Grupo Bauru; Bacia do Paraná - depósitos fluviais com predominância de arenitos finos e muitos finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos, ocorrendo em bancos maciços. Estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte.

Formação Serra Geral – JKsg - Grupo São Bento; Bacia do Paraná) - rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos de coloração cinza à negra, textura

afanítica, com intercalações de arenitos intertrapeanos, finos a médios, de estratificação cruzada tangencial e esparsos níveis vitrofíricos não individualizados.

Corpo Alcalino de Jaboticabal – K $\alpha$ 3g - (Suítes Alcalinas) - Analcimitos fonolíticos e lavas analcimíticas.

A principal unidade de solo encontrada na região da microbacia do Córrego da Fazenda Glória é designada, segundo a classificação de OLIVEIRA et al. (1999) como Argissolo Vermelho-Amarelo. Estes são solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E.

As vertentes, também denominadas encostas, são superfícies inclinadas que formam a conexão dinâmica entre a linha divisora de águas e o fundo do vale (talvegue). As vertentes são elementos básicos do relevo no estudo dos processos de erosão e acumulação, pois, com exceção das planícies e dos terraços, elas ocupam a maior parte da superfície da Terra (FLORENZANO et al., 2008).

Superfícies geomórficas, conforme definição de RUHE et al. (1967) e DANIELS et al. (1971), citados por CAMPOS et al. (2008) são uma parte da superfície da terra que tem limites geográficos definidos e são formadas por um ou mais agentes durante um dado espaço e tempo. Estes ambientes geomórficos podem ser considerados erosionais ou deposicionais e, em uma área, pode haver ocorrência de ambos ou apenas de um ambiente geomórfico. As superfícies geomórficas mais velhas são mais estáveis e normalmente são encontradas nos topos, estando associadas a ambientes deposicionais, enquanto as superfícies mais jovens ocorrem em áreas de maior declive, sendo mais variáveis e considerados ambientes erosionais.

As variações das superfícies geomórficas e as formas do relevo têm influência direta nos processos de erosão e deposição de solos nas paisagens, fato associado principalmente à inclinação do declive e à curvatura do terreno. Entretanto, aspectos relacionados aos processos geomórficos e aos impactos humanos também interferem nos processos erosivos, provocando alterações (erosão e deposição) na paisagem (SOUZA et al., 2003).

O estudo das formas de relevo que influenciam o escoamento da água em diferentes trajetórias sobre o terreno é fundamental para o entendimento e quantificação da erosão e da variabilidade das principais propriedades dos solos. Deste modo, pode-se afirmar que a erosão é controlada pelo relevo, enquanto as diferentes trajetórias do fluxo da água, em diferentes formas de paisagem, é agente causador de variabilidade, podendo interferir na produtividade das culturas (SOUZA, 2001).

A quantificação da erosão associada às formas de paisagem tem apresentado subsídios para a determinação de zonas específicas de manejo. Tais informações poderão ser transferidas para formas de paisagens semelhantes. O efeito da erosão na produção das culturas é, muitas vezes, confundido com aquele relativo à posição da paisagem na erosão do solo, assim o estudo da paisagem e da erosão não devem ser excludentes (Stone et al., 1985; Kreznor et al., 1989; citados por SOUZA et al., 2003).

### **2.3 Bacias hidrográficas**

Na análise de questões ambientais, os estudos considerando a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento para a avaliação dos diferentes aspectos geomorfológicos, escoamento e aproveitamento da água, e, da ocorrência, uso e degradação do solo, têm grande importância nos contextos técnico-científicos e aplicados (PISSARRA, 2002).

A bacia hidrográfica é uma região geomorfológica fundamental da superfície terrestre, sendo considerada pelos geomorfologistas e hidrólogos como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial e subsuperficial da água (CHRISTOFOLETTI, 1974). Compreende uma área de formação natural, drenada por um curso d'água, a montante de uma secção transversal considerada, para onde converge toda a água de escoamento. Na natureza, este sistema de drenagem está organizado, e a noção de bacia incita, naturalmente, a existência de cabeceiras ou nascentes; cursos d'água principais; afluentes; subafluentes, vertentes e divisores d'água que, por sua vez,



limitam outras bacias, bem como uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes (PISSARRA, 2002).

A bacia hidrográfica é uma área geográfica natural formada por uma área da superfície terrestre, que contribui na formação e no armazenamento de um determinado curso d'água, sendo delimitada pelos pontos mais altos do relevo, como espigões e divisores de água. Constitui-se num vale formado por um rio principal e seus tributários e o limite topográfico desta unidade é o divisor topográfico que a circunda (CRUZ, 2003).

A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. Essas orientações dadas pelo relevo fazem com que as águas de uma determinada região converjam para um mesmo local (drenagem). O completo entendimento do funcionamento de uma bacia hidrográfica exige simultâneo conhecimento de seus sistemas aquáticos e terrestres, pois quando uma bacia é fortemente modificada, principalmente pela mudança do uso do solo, poderão ocorrer problemas ambientais com impactos negativos nos recursos hídricos (FLORENZANO, 2008).

A bacia hidrográfica representa a área de captação natural da água da precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, o exutório. A bacia de drenagem é delimitada pelos divisores de água, a partir da definição de um dado ponto de saída. Pode ser delimitada por meio de uma carta topográfica ou de uma imagem tridimensional do terreno (FLORENZANO et al., 2008).

Segundo STRAHLER (1957) todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, inclusive os trechos da nascente do rio principal e dos afluentes. Trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de dois trechos de primeira ordem. Trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois trechos de Segunda ordem. Um trecho de ordem  $u$  é estabelecido pela confluência de dois trechos de ordem  $u-i$ , podendo receber afluência de trechos de qualquer ordem inferior.

O conceito de microbacia insere-se perfeitamente no contexto da Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional do Meio Ambiente e atuação do Sistema Nacional

de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Sendo a bacia hidrográfica definida como a área compreendida por um rio principal (exutório da bacia) e seus afluentes ou tributários desde as nascentes, fica evidenciado que a bacia hidrográfica é uma grandeza escalar, definida pelo comprimento (extensão linear) do rio. A microbacia como unidade básica para a gestão dos recursos hídricos tem sido utilizada, porém, tanto para designar segmentos fluviais como áreas de proteção enfocadas a partir de nascentes de rios. Entende-se, assim, a microbacia como uma subunidade de bacia, cujo recorte deverá ser configurado em função das ações que se pretenda implementar (ARRAES et al., 2009).

Para diagnóstico e avaliação da degradação ambiental gerada, tem-se utilizado a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento, para o uso e exploração dos recursos naturais (PISSARRA, 1998).

O estudo de microbacia tem como importância o fato de ser esta uma unidade onde se tem diferentes características. São regiões altas, onde normalmente estão localizadas as nascentes dos riachos e córregos, áreas de encostas onde as águas correm com maior velocidade, e finalmente, as áreas de baixadas onde normalmente são observadas as consequências do manejo inadequado (PIROLI et al., 2002).

Um dos principais aspectos de uma bacia hidrográfica é a inter-relação existente entre os seus vários componentes, como solo, água, cobertura vegetal e atmosfera, sendo que uma ação qualquer sobre um deles certamente refletirá nos outros componentes (FERRAZ & MORTATTI, 2002). A rápida degradação dos ecossistemas sob exploração antrópica, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas a preocupação com a preservação e a sustentabilidade da exploração agrícola (CAMBARDELLA et al. 1994). A caracterização do relevo em uma microbacia é a base fundamental para o delineamento do manejo sustentável do solo em áreas com características semelhantes. O conhecimento da heterogeneidade da paisagem também é importante para desenvolver esquemas de amostragem de solo e definir práticas de manejo (CUNHA & GUERRA, 2005).

A microbacia hidrográfica é considerada uma unidade geográfica ideal para planejamento de recursos naturais nos ecossistemas por ela envolvidos. As bacias hidrográficas têm a área da superfície terrestre drenada por um rio principal, limitado

por divisores de água, desempenhando um papel para transporte de diversos materiais e sedimentos para o rio principal, sendo um fator natural ou antrópico, modelando a paisagem. O mapeamento de uma microbacia permite uma pesquisa mais ampliada dos aspectos das condições de recursos naturais, tendo como ponto de vista um planejamento das atividades rurais e urbanas destas microbacias (QUEIROZ, 2008).

O aumento da atividade humana também influi na disponibilidade hídrica das bacias, o que torna fator importante a ser analisado, pois tem provocado importantes alterações e consequentes impactos sobre estes ecossistemas, o que demanda planejamento ambiental, que deve contemplar não apenas os ambientes criados e alterados pelos seres humanos, mas também o ambiente natural ao seu redor (ROCHA, 2000). A dinâmica de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas exige estudos para a compreensão dos diversos impactos provocados pela ação antrópica e estratégias adequadas para a conservação dos recursos naturais nestas áreas. Os principais impactos ocasionados por modificações no uso e cobertura do solo em microbacias são a redução da capacidade de infiltração, o aumento do escoamento superficial e erosão, a sedimentação dos cursos d'água, a diminuição da profundidade do leito dos cursos d'água e consequentemente o aumento de cheias e inundações (CENTURION et al., 2001).

O manejo de bacias tem como objetivos básicos tornar compatível a produção com a preservação ambiental, além de concentrar esforços das diversas instituições presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas desenvolvidas dentro da bacia sejam realizadas de forma sustentável e trabalhadas integradamente (QUEIROZ, 2008).

A necessidade de conservação dos recursos naturais da bacia a fim de garantir a produção de água advém do fato de que as condições de uso e manejo destes recursos interferem diretamente no comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico, isto é, no comportamento da vazão dos cursos d'água e na recarga dos aquíferos subterrâneos. Desta forma, pode ocorrer carência de água em uma bacia hidrográfica caso haja má utilização de seus recursos naturais, isto é, caso exista cobertura vegetal inadequada na bacia, uso intensivo da água, poluição da água, uso inadequado do solo, dentre outros. De maneira geral, o manejo de bacias hidrográficas consiste em

melhorar as condições da bacia, promovendo o correto manejo dos recursos naturais a partir do uso adequado do solo, da manutenção de cobertura vegetal adequada, do controle da poluição, da regulamentação do uso da água, e até mesmo da construção de obras hidráulicas necessárias (QUEIROZ, 2008).

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (PEREIRA, 1997). Segundo ARCOVA et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática na bacia hidrográfica podem modificar a sua qualidade.

LEPSCH et al. (1991) destacam que as informações geradas do meio físico, levando em consideração a declividade, solos e uso das terras, permitem conhecer as características e as condições das áreas, fornecendo subsídios para atividades de análise ambiental e planejamento agrícola. Um estudo de caracterização, planejamento e uso do solo feito na escala de microbacia hidrográfica gera informações objetivas e proporciona uma discussão embasada em critérios reais sobre o planejamento conservacionista da área. As bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, os quais podem acarretar riscos ao equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água, e que a subdivisão destas bacias em microbacias permite a análise de problemas difusos, facilitando à identificação de focos de deterioração dos recursos naturais (TORRES et al., 2007).

O homem, ao fazer uso das terras, modifica a paisagem, o solo e seu respectivo sistema natural de drenagem, a ponto de provocar impactos ambientais negativos. Assim, o conhecimento da relação solo-superfície é imprescindível para o monitoramento e planejamento conservacionista do meio. Neste contexto, a bacia hidrográfica torna-se área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio por ela definido, pois é considerada como principal unidade fisiográfica do terreno associada ao fluxo superficial da água (CHRISTOFOLETTI, 1974).

A bacia hidrográfica constitui-se, portanto, em uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. Para tanto, o termo bacias hidrográficas vem sendo frequentemente empregado em pesquisas relacionadas com o manejo e conservação do solo e da água, em áreas agrícolas e florestais, sendo fundamental, neste contexto, a relação solo-clima-vegetação (PISSARRA, 2002).

Os problemas ambientais vivenciados no mundo têm mostrado níveis alarmantes de deterioração dos recursos naturais, principalmente do solo e da água (TORRES et al., 2007). Essa deterioração ambiental pode ser constatada quando se faz um diagnóstico ambiental caracterizando a paisagem de uma microbacia, pois esta é o resultado atual de um longo processo evolutivo do relevo, somando-se as ações do clima e interferência humana, que são registradas após os tempos com os efeitos causados nestas paisagens (ABDALA, 2005).

#### **2.4 Atributos físicos e químicos do solo**

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, torna-se necessário o estudo dos atributos do solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (MIELNICZUK, 2003).

A retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, aliadas a práticas de manejo inadequadas, promovem o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, limitando sua utilização agrícola e tornando-o mais suscetível à erosão (CENTURION et al., 2001).

As variações das características dos solos estão relacionadas com fatores de sua formação e com o efeito do manejo dos solos (SILVA et al., 2003).

Ao retirar a vegetação nativa para instalar plantações, há remoção de sistemas biológicos complexos, multiestruturados, diversificados e estáveis. A sua substituição por sistemas simples e instáveis provoca variações difíceis de quantificar no ciclo dos elementos necessários ao crescimento das plantas, promovendo, geralmente, diminuição da fertilidade do solo (CANELLAS et al., 2003).

ALVES (1992) afirma que a manutenção e melhoria das condições físicas, internas e externas do solo, além da adição e balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, por meio de ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição da matéria orgânica. Dentre os monitoramentos necessários, as condições de solo e clima são fundamentais, pois estes fornecerão a sustentabilidade do sistema. Estudos realizados indicam que a adequada cobertura do solo por resíduos culturais pode prevenir sua erosão, manter o conteúdo de matéria orgânica e permitir a sustentabilidade das culturas (ANDRADE JÚNIOR, 2004).

Os atributos físicos do solo associados às condições de clima, topografia e manejo do solo gerenciam o processo de erosão (QUEIROZ, 2008). A maior resistência do solo à penetração pode estar diretamente relacionada com a redução da porosidade total e em especial com macroporosidade do solo. Esta condição afeta a permeabilidade do solo a água e ar, a disponibilidade de nutrientes, podendo, assim, aumentar a erosão do solo com prejuízos ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas (SOANE & OUWERKERK, 1994).

Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água, entre estes a infiltração e a redistribuição. As condições tais como porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, rugosidade superficial e declividade do terreno, dentre outras, influem grandemente na infiltração da água no solo. Quanto maior a infiltração de água no solo, menor o escoamento superficial e conseqüentemente menores os riscos de erosão (CARVALHO, 2000).

O solo mantido sob vegetação nativa, de modo geral, apresenta atributos físicos como permeabilidade, estrutura, densidade do solo e porosidade adequados ao desenvolvimento normal das plantas (ANDREOLA et al., 2000). Nessas condições, o volume de solo explorado pelas raízes é relativamente grande. À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, os atributos físicos sofrem alterações geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento radicular das culturas (BRITO et al., 2006).

Nos preparos convencionais, é comum a retirada da vegetação nativa para estabelecimento de atividades que deixam o solo exposto ao impacto direto das chuvas, trazendo como consequência o rompimento dos agregados (WOHLENBERG et al., 2004). Aliado a isso, o constante revolvimento do solo contribui para a redução do teor de matéria orgânica, reconhecida como um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados (ROTH et al., 1991; GRIEVE et al., 2005).

A matéria orgânica é um importante indicador da qualidade do solo, pois está relacionada com diversas propriedades físicas, químicas e biológicas (BARRETO et al., 2006). Pode ser alterada com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado, sendo um dos atributos mais sensíveis às transformações desencadeadas pelo manejo.

As alterações que ocorrem na estrutura do solo, evidenciando-se por modificações nos valores de densidade, afetam a sua resistência à penetração, à porosidade total, à distribuição do diâmetro dos poros e sua porosidade de aeração, a armazenagem e a disponibilidade de água às plantas, a dinâmica da água na superfície e no seu perfil, bem como a consistência e a máxima compactabilidade do solo (BARRETO et al., 2006).

Alguns atributos físicos do solo, como densidade e espaço poroso, podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido. Uma contínua avaliação, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo quando se objetiva estabilidade estrutural (BRITO et al., 2006).

Na construção e manutenção da fertilidade do solo, a matéria orgânica é fundamental, uma vez que influencia inúmeras características, dentre elas a elevação da CTC; a liberação lenta de P, N, S e água; o aumento a disponibilidade dos micronutrientes, com a formação de quelatos; aumento de retenção d'água; redução da toxidez causada por pesticidas; melhoria da estrutura; favorecimento do controle biológico, com maior população microbiana e melhoria da capacidade tampão do solo (RAIJ, 1991).

O manejo correto das culturas pode ser estabelecido quando associado ao local da paisagem, pois a variação de atributos do solo pode ser diferenciada em cada segmento de uma vertente (BRITO et al., 2006).

A incorporação de espaços naturais para os cultivos agrícolas e o estabelecimento de pastagens para o gado alteram as características físicas e químicas dos solos, muitas vezes resultando em degradação que se manifesta pela perda de fertilidade, compactação e fracionamento dos agregados, comprometendo a infiltração de água e o crescimento adequado do sistema radicular dos vegetais (BERTOL et al., 2004; BRONICK & LAL, 2005; OLIVEIRA et al., 2008). O uso do solo na agricultura, depois de retirada a vegetação natural, tem frequentemente mostrado alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas (MARCHIORI JÚNIOR & MELO, 2000).

## **2.5 Modelo digital de elevação**

Em microbacias hidrográficas predomina o enfoque ao problema da erosão em seus múltiplos aspectos, como estimativas diretas e mapeamento de fatores envolvidos. Assim, faz-se necessário o estudo do modelo digital de elevação do terreno, que é uma representação matemática da distribuição espacial de características vinculadas a uma superfície real (VALERIANO & CARVALHO JÚNIOR, 2003).

As formas do relevo, por exercerem influência no fluxo da água, energia e nos processos de redistribuição de material nas vertentes, controlam sobremaneira a distribuição dos solos na paisagem. O movimento da água nas paisagens é o principal responsável pelo processo de desenvolvimento do solo. Por isso, compreender as formas do relevo permite fazer inferências e predições sobre os atributos do solo em diferentes segmentos de vertentes (SIRTOLI et al., 2008).

Os modelos digitais de elevação são de grande valia quando se utilizam sistemas de informações geográficas (SIGs) em cartografia regulamentar, auxiliando no ordenamento do território, planejamento urbano e regional, zoneamento, quantificação



de grandezas ligadas às características físicas da bacia e identificação da rede de drenagem e divisores de água (STEINKE & CAMPANA, 1999).

A demanda por modelos digitais de elevação (MDEs) para subsidiar estudos em várias áreas da pesquisa ambiental tem aumentado significativamente. A fonte de dados mais comum para a geração de MDEs são as curvas de nível e, de forma complementar, a rede hidrográfica, obtidas em cartas topográficas, principalmente aquelas elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Atualmente, dados oriundos de imagens de sensores remotos estão sendo cada vez mais utilizados para a geração desses modelos, por obterem informações mais detalhadas (CHAGAS et al., 2010).

Dentre alguns usos do MNT – modelo numérico do terreno, pode-se citar (BURROUGH, 1986):

- Armazenamento de dados de altimetria para mapas topográficos;
- Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade;
- Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Para a representação de uma superfície real no computador é indispensável a criação de um modelo digital, podendo ser por equações analíticas ou por uma rede de pontos na forma de uma grade de pontos regulares e ou irregulares. A partir dos modelos calcula-se volumes, áreas, desenha-se perfis e seções transversais, gera imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gera mapas de declividade e exposição, gera fatiamentos em intervalos desejados e perspectivas tridimensionais (BURROUGH, 1986).

A caracterização do terreno por meio de seus parâmetros fisiográficos é um fator importante na modelagem de processos hidrológicos. Há muito se reconhece a topografia como fator dominante nos processos e fenômenos de superfície, ditando a distribuição espacial do clima, que é uma variável ambiental controladora da

distribuição e da produtividade dos sistemas biológicos. A topografia também influencia, diretamente, o escoamento superficial e subterrâneo de água e, por conseguinte, o potencial de erosão e a umidade do solo, afetando suas características físicas e químicas (HUTCHINSON, 1996).

A expansão territorial do agronegócio, em especial o plantio de cana-de-açúcar e uso de pastagens degradadas, como na bacia do Córrego da Fazenda Glória, impacta a preservação dos recursos naturais, sendo que a ocorrência da erosão correlaciona-se diretamente com o uso e ocupação do solo.

Principalmente nas vertentes de bacias hidrográficas, a erosão hídrica, que é causada pela água das chuvas, é identificada como a principal causa do empobrecimento do solo agrícola. Neste processo, a estrutura do solo é alterada pelo impacto da chuva que atinge a superfície do terreno e, em seguida, o material solto, rico em nutrientes e matéria orgânica, é removido do local e depositado nas depressões no interior das vertentes e no fundo dos vales. A intensidade de ação deste processo erosivo depende, além do clima, da resistência do solo e da presença de diversas condições ligadas ao manejo do solo e água e da natureza da comunidade vegetal presente (RUHE, 1975; BAHIA, 1992). Diante disso, torna-se de extrema importância a cobertura vegetal no solo.

A erosão hídrica é o resultado da interação do clima, solo, topografia, cobertura e manejo do solo e da adoção de práticas conservacionistas (WISCHMEIER & SMITH, 1958; citados por OLIVEIRA et al., 2010), e se manifesta de maneira variável sobre a superfície do terrenos. As perdas de solo, água e nutrientes dela resultantes são as principais responsáveis pelo empobrecimento das terras cultiváveis, o que leva a uma diminuição acelerada da capacidade produtiva pelo empobrecimento do solo e, conseqüentemente, insustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (BERTOL et al., 2004). Esta influência negativa torna-se ainda mais evidente nos terrenos que apresentam declividade acentuada e/ou desprovidos de cobertura vegetal. O desenvolvimento de modelos capazes de estimar as perdas ocasionadas por erosão

hídrica é de fundamental importância para a escolha das práticas de conservação da água e do solo que possam tornar mínimos os impactos ambientais.

Dentre os fatores naturais que afetam a erosão, o relevo condiciona o movimento da água no solo, interferindo na variação espacial dos seus atributos, sendo as rotas preferenciais dos fluxos de água que definem os mecanismos erosivos-depositivos preponderantes. Esses fluxos, condicionados pelas feições do relevo, provocam a erosão, transportando e depositando os constituintes dos solos, ocasionando variabilidade de seus atributos. Considerando que a erosão influencia na variabilidade dos atributos do solo, pode-se assumir que a erosão dos solos, em determinada posição da paisagem, passa a ser um indicador ambiental de zonas específicas de manejo (SOUZA et al., 2002).

A idéia de tridimensionalidade da organização do solo, ou catena, indica que os perfis de solos sucedem-se nas vertentes e apresentam uma relação genética em diferentes formas de relevo. Este conceito de catena é uma base fundamental para o desenvolvimento de ferramentas metodológicas que relacionam atributos da paisagem com o solo. Desta forma, o solo é a materialização dos processos morfogenéticos que ocorrem na paisagem, caracterizando a interdependência solo-relevo (SOMMER & SCHLICHTING, 1997; BOCKHEIM et al., 2005; citados por QUEIROZ NETO, 2002).

Torna-se importante ressaltar a importância sobre a relação solo-paisagem e o balanço entre os processos químicos e físicos nas vertentes. Existem mecanismos sistêmicos que promovem um equilíbrio dinâmico na paisagem. Estes conceitos de equilíbrio relacionam o desenvolvimento das superfícies geomórficas com a maturidade dos solos. Superfícies geomórficas mais antigas tendem a ser mais estáveis, mais homogêneas e com coberturas pedológicas mais maduras e menos complexas (VIDAL-TORRADO & LEPSCH, 1999; TERAMOTO et al., 2001).

Outra consequência do conceito de equilíbrio das vertentes está relacionada com os processos de erosão e deposição na paisagem, formando superfícies geomórficas erosionais e deposicionais, geralmente contíguas espacialmente. Por outro lado, as superfícies mais antigas são mais estáveis e normalmente relacionadas com os divisores de bacias e ambientes erosionais, enquanto que as superfícies mais jovens

ocorrem em áreas de acumulação e ambientes deposicionais (DANIELS et al., 1971; GRAHAM et al., 1990; citados por MARTINS et al., 2007).

Para explicar melhor essa relação entre solo e relevo, SOMMER & SCHLICHTING (1997); citados por MARTINS et al. (2007) desenvolveram o conceito de catenas arquetípicas, dependentes dos processos de (im)mobilização e os regimes hidrológicos, quais sejam: (i) catenas de transformação (*transformation catenas*), onde não são evidenciados ganhos ou perdas de elementos ou componentes do solo, mas somente processos de transformação, (ii) catenas de lixiviação (*leaching catenas*), com perdas de componentes e sem evidências de ganhos, e (iii) catenas de acumulação (*accumulation catenas*), mostrando ganhos e sem perdas de materiais em nenhuma porção. As catenas de translocação (*translocation catenas*) são subtipos das de lixiviação ou de acumulação, onde as transferências e acumulações estão em equilíbrio. As catenas relacionadas com superfícies geomórficas de diferentes idades, as catenas temporais (*chrono catenas*), são consideradas como um subgrupo de todas as outras.

A visão do solo, por meio da análise estrutural da cobertura pedológica, integra diferentes escalas de observação que se completam. Além disso, a aplicação do conceito de cobertura pedológica como corpo natural contínuo nas encostas é completado pelas análises laboratoriais para determinação de suas características e propriedades físicas, químicas, físico-químicas, mineralógicas, e biológicas (QUEIROZ NETO, 2002).

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

##### 3.1.1 Descrição geral da área

A área de estudo - microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória - localiza-se no Município de Taquaritinga (Figura 1), centro norte do Estado de São Paulo, no planalto ocidental paulista, com posição geográfica definida pelas seguintes coordenadas, latitudes 21° 22' 32" e 21° 18' 23" S, e longitudes 48° 27' 54" e 48° 31' 51" W Gr (RODRIGUES, 2008).



Figura 1. Localização do Município de Taquaritinga, Estado de São Paulo.

A área está inserida na bacia hidrográfica do Córrego Rico, vinculada ao Comitê de Bacias do Rio Mogi-Guaçu, segundo a Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo – MOGI, (Figura 2) (SÃO PAULO, 1994).



Figura 2. Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo: bacias hidrográficas, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, sendo clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C. A precipitação média anual varia de 1100 mm a 1700 mm. A média anual da umidade relativa do ar é de aproximadamente 71%, ocorrendo concentração de chuvas no período de outubro a março e o período mais seco estende-se de abril até setembro (DONADIO et al., 2005).

Geologicamente, a bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu está inserida na Bacia do Paraná, uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana a partir do Devoniano Inferior. Estratigraficamente, a área pertence ao Grupo Bauru e Grupo São Bento. O material geológico da área é constituído de arenitos com cimento calcário, classificados como grupo Bauru (Kb – Cretáceo Superior), composto pela formação Marília (IPT, 1981).

O Córrego da Fazenda Glória nasce na Serra do Jaboticabal, em Taquaritinga, e deságua à montante do Córrego Rico. O relevo caracteriza-se por ondulações, destacando-se em sua topografia a Serra do Jaboticabal, que em seu ponto mais alto conta com 718 metros de altura, sendo conhecido também como "Monte da Broa". A

área apresenta conformação relativamente movimentada, sendo o relevo classificado como ondulado (PISSARRA, 2002).

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto de textura arenosa/média. Este solo é mineral, não hidromórfico, com horizonte A ou E (horizonte de perda de argila, ferro ou matéria orgânica, de coloração clara) seguido de horizonte B textural, com nítida diferença entre os horizontes. Apresenta horizonte B de cor avermelhada até amarelada e teores de óxidos de ferro inferiores a 15%. Pode ser eutrófico, distrófico ou álico (EMBRAPA, 2006).

No presente estudo, a microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória tem extensão aproximada de 2039,44 ha e foi escolhida pela sua representatividade na região, revelando uma importância agrícola com características socioeconômicas e por ser a única a apresentar fragmentos naturais de Mata Atlântica. A cobertura vegetal originária da área de estudo é composta pela Floresta Latifoliada Tropical e, atualmente, a cobertura vegetal se manifesta com capoeiras, culturas anuais e permanentes, destacando-se a produção de frutas e cana-de-açúcar (PISSARRA et al., 2002). Os campos de pastagens em meio apresentam-se com expressão nas cabeceiras das microbacias (RODRIGUES, 2008).

A exploração agrícola na bacia hidrográfica concentra-se na cultura de cana-de-açúcar, ocupando aproximadamente 60% da área total. A segunda cultura mais explorada é a de citros, correspondendo a 15% da área total. As demais culturas exploradas em ordem de importância são as de goiaba, pastagens, manga, mandioca, banana e abobrinha. As áreas não cultivadas compreendem as faixas de terra como redes de alta tensão, área de preservação permanente (APP), áreas de reserva legal, estradas e espaço sede (RODRIGUES, 2008).

### 3.1.2 Materiais utilizados

Para realizar a análise quantitativa de atributos do solo da superfície de três uso/ocupação nas microbacias hidrográficas, os seguintes materiais foram utilizados:

- Base cartográfica planialtimétrica do IBGE, na escala 1:50.000, Folhas de Jaboticabal e Taquaritinga;
- Mapa de Uso e Cobertura da Terra, na escala 1:30.000;
- Mapa de Solos do Estado do São Paulo, na escala 1:250.000;
- Câmera fotográfica digital;
- Receptor geodésico de navegação, para localização dos pontos de coleta;
- Anéis cilíndricos;
- Trado holandês, pá;
- Computadores e programas informatizados de topografia (*GPSurvey*, *Topograph*), desenho (*AutoCad*), modelo digital do terreno (*Surfer*); para avaliar os dados (*Excel* e *AgroEstat*).

### 3.2 Métodos

Realizou-se uma visita na área de estudo (Figura 3). Percorremos a microbacia na sua extensão para o reconhecimento dos principais uso/ocupação do solo.



Figura 3. Microbacia Hidrográfica do Córrego Fazenda Glória, Município de Taquaritinga, SP.



Para avaliação dos atributos químicos e físicos do solo foram selecionadas três microbacias e três diferentes coberturas vegetais em cada microbacia, na unidade territorial da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, segundo a ordenação de HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1957). Com referência ao uso e ocupação do solo nessas áreas destacam-se vegetação nativa, pastagem e cultivo de cana-de-açúcar.

Para a amostragem do solo foi realizada a caracterização do volume superficial, e essas amostras foram as mais representativas possíveis do material superficial de cada uso/ocupação selecionado, para o planejamento do programa a ser executado dentro de cada microbacia.

Com referência ao solo, foram avaliados os atributos químicos e físicos. Em cada área de uso/ocupação selecionada (mata, pastagem e cana-de-açúcar) foram coletados 15 pontos/ha, totalizando 45 amostras de solo por microbacia, com três repetições, no total de 135 amostras. As três áreas de mata são consideradas fragmentos florestais de Mata Atlântica de interior; as três áreas de pastagem tinham, no mínimo, cinco anos de uso; e as três áreas de cana-de-açúcar estavam no terceiro corte, com queima na colheita e preparo convencional.

Em cada uso/ocupação, as amostras compostas do solo foram coletadas com intervalos irregulares a cada 20 m, totalizando uma área de aproximadamente 1 ha, na profundidade de 0-0,2 m. As áreas foram estaqueadas com auxílio de uma estação total e posteriormente os pontos foram georreferenciados com auxílio de um receptor de navegação GPS (*global positioning system*).

Para cada amostra composta foram coletadas, com o auxílio de trado holandês de 0,20 m, 10 subamostras a uma distância de 2 e 4 m do ponto de amostragem central, na orientação Norte, Sul, Leste, Oeste, e colocadas em um balde, para a coleta da amostra composta.

As amostras de solo foram destorroadas, secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de diâmetro de malha e analisadas no Laboratório de Análises de Solos da FCAV/UNESP.

### 3.2.1 Análises físicas

As amostras indeformadas de solo foram retiradas com o auxílio de anéis cilíndricos. Foram abertas mini trincheiras e as amostras foram coletas nas profundidade de 10 cm. Nas amostras foram determinadas a densidade do solo e a distribuição de poros por tamanho. A densidade do solo foi determinada conforme BLAKE & HARTGE (1986). A distribuição de poros foi determinada com base no conteúdo de água retido nas tensões de zero e 0,006 MPa, equivalentes aos poros de diâmetros  $>50$  e  $<50 \times 10^{-6}$  m, referente a porosidade total, macro e microporosidade, respectivamente (DANIELSON & SUTHERLAND, 1986).

Nas amostras deformadas a coleta foi realizada com o auxílio de uma pá, enquanto que nas camadas mais profundas foi utilizado trado tipo holandês.

### 3.2.2 Análises químicas

Nos mesmos pontos de coletas das amostras para as análises físicas, foram retiradas amostras compostas de solo para as análises químicas. Foram determinados pH ( $\text{CaCl}_2$  0,01M), teores de P (resina), matéria orgânica (M.O.), K, Ca, Mg, H+Al e os micronutrientes conforme método proposto por RAIJ et al. (1987). A capacidade de troca catiônica (CTC), a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%) do solo foram calculadas.

Para compreender a diferença das estimativas das características do solo das microbacias avaliadas, os resultados obtidos foram avaliados por meio da comparação de médias. Na análise dos parâmetros foi utilizado o programa AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2008) para o teste de Tukey a 5%, no intuito de avaliar os atributos do solo em cada microbacia e quanto ao uso e ocupação do solo nas três áreas de vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar.

### 3.2.3 Modelo digital de elevação – MDE

A análise das formas do relevo foi realizada para inferir a influência no fluxo da água, energia e nos processos de redistribuição de material nas vertentes, os quais controlam sobremaneira a distribuição dos solos na paisagem. Para simular o fluxo de água nas vertentes é necessário criar um modelo digital do terreno. Sendo assim, nas três microbacias estudadas foi gerada uma representação matemática da distribuição espacial dos pontos coletados com um receptor GPS e da análise visual das imagens do programa *Google Earth*. A característica de um fenômeno (fluxo de água na vertente) foi vinculada a uma superfície real (microbacias).

No processo de modelagem numérica de terreno foram consideradas três fases: aquisição dos dados, geração de grades e elaboração de produtos (mapas) representando as informações obtidas.

Para a simulação do fluxo de água, foi realizada a coleta de pontos georreferenciados de cada área da microbacia hidrográfica. Em seguida, no programa *Topograph* foi gerada a malha triangular para coletar as cotas e gerar as curvas de nível. Os dados foram tratados, sendo elaborado o mapa planialtimétrico de cada microbacia. Os dados das coordenadas planialtimétricas foram exportados para o *Surfer* (SURFER, 1999), para a elaboração do modelo digital de elevação do terreno.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória (Figura 4) foram selecionadas três microbacias (M1, M2, M3) (Figura 5 e 6) e três áreas em cada microbacia relacionadas ao uso e ocupação do solo, sendo vegetação nativa, pastagem e cultivo de cana-de-açúcar, no intuito de avaliar a relação dos atributos químicos e físicos do solo superficial, e estudar a diferença entre as unidades territoriais de microbacias, no que tange a diferença de catena, que representa uma unidade prática de mapeamento da distribuição dos solos nas vertentes e nas paisagens da bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória. Portanto, a avaliação que segue é uma apresentação dos valores obtidos e suas diferenças estatísticas.

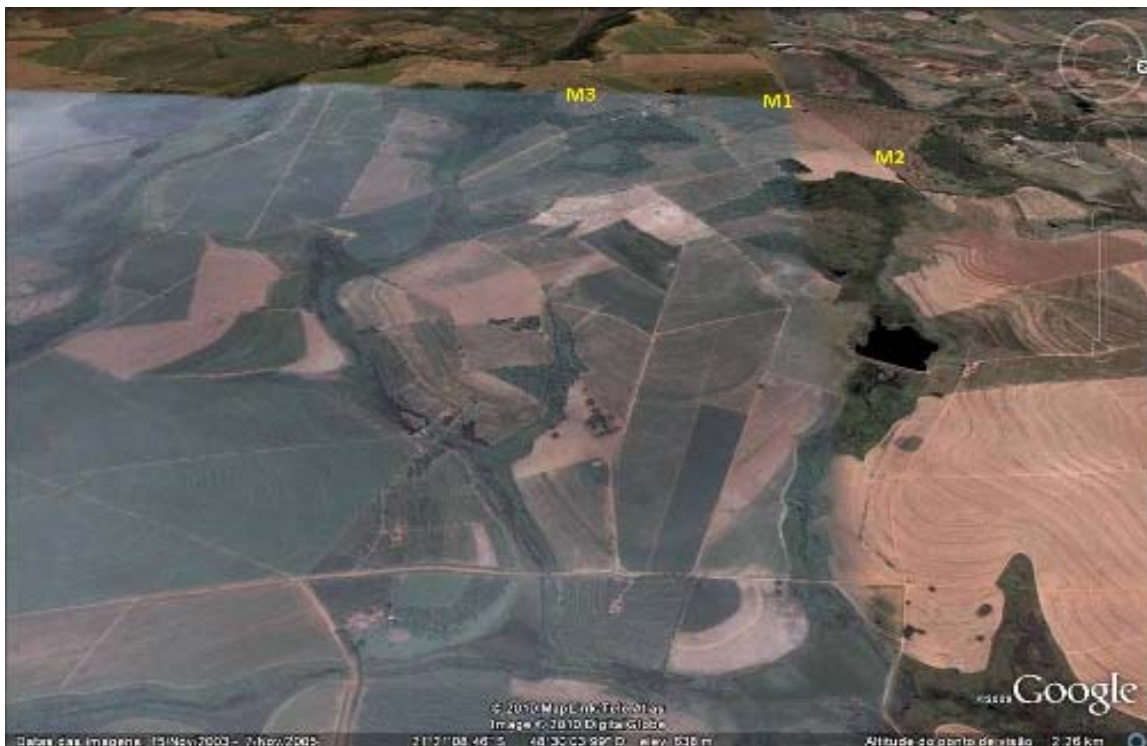


Figura 4. Microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória.



Figura 5. Uso/ocupação das microbacias 1 e 2.

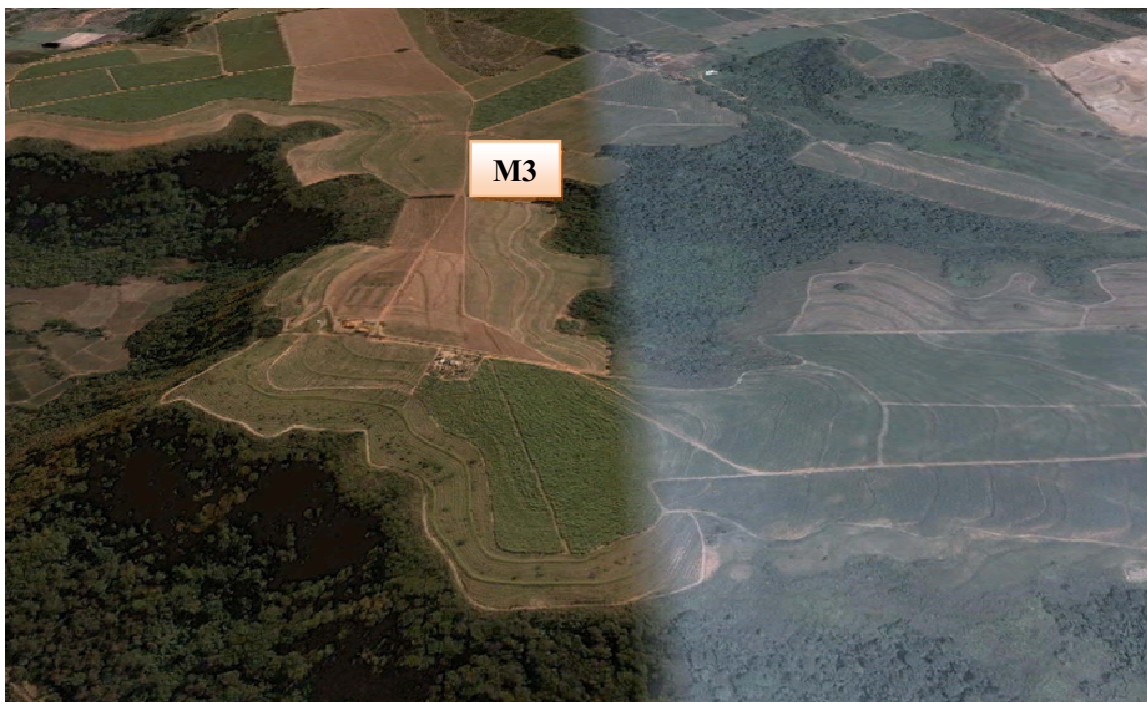


Figura 6. Uso/ocupação da microbacia 3.

#### 4.1 Avaliações na bacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória

Primeiramente, para a avaliação dos atributos químicos e físicos do solo fez-se a comparação das médias de efeitos principais, que são as diferenças entre as microbacias (M1 - microbacia 1; M2 - microbacia 2; M3 – microbacia 3) e uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) (Tabela 1), relativas à microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória.

Tabela 1. Atributos químicos das microbacias e tipos de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	pH	M.O. g.dm <sup>-3</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>	K -----mmolc.dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
M1	5,2 a	18,3 a	9,9 b	1,7 b	25,2 a	10,7 a	23,5 a	37,5 a	61,1 a	57,9 a
M2	5,2 a	18,0 a	23,4 a	2,6 ab	34,2 a	14,7 a	22,4 a	51,5 a	73,9 a	63,1 a
M3	5,3 a	17,1 a	12,1 b	2,7 a	27,4 a	14,5 a	22,1 a	44,6 a	66,6 a	60,8 a
MATA	5,3 a	25,4 a	7,0 b	3,4 a	50,6 a	19,9 a	28,5 a	73,9 a	102,4 a	67,3 a
PASTAGEM	5,1 a	17,4 b	20,5 a	2,4 b	18,4 b	9,9 b	22,5 ab	30,6 b	53,1 b	55,6 a
CANA-DE-AÇÚCAR	5,3 a	10,6 c	17,9 a	1,3 c	17,8 b	10,0 b	17,1 b	29,0 b	46,1 b	58,9 a
CV	8,5	29,5	72,8	45,0	77,8	61,0	37,6	67,0	40,3	26,7

M.O. = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H + Al = acidez potencial; SB = soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; V = saturação por bases.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV = coeficiente de variação.

O **pH** do solo não apresentou diferença significativa entre as áreas avaliadas, dentre as microbacias e dentre os tipos de uso e ocupação do solo. O sistema de mata apresentou valor de pH semelhante à área de cana-de-açúcar, conferindo menor acidez ao solo.

A **matéria orgânica** (M.O.) não apresentou diferença significativa entre as microbacias. Entretanto, quanto ao uso e ocupação do solo, este atributo diferiu significativamente entre os três tipos de cobertura vegetal, sendo maior em vegetação nativa, seguido da área de pastagem e área de cultivo de cana-de-açúcar. Os maiores teores de matéria orgânica em área de vegetação nativa explicam-se devido ao maior aporte de resíduos orgânicos.

Resultados semelhantes foram observados por MARCHIORI JÚNIOR & MELO (2000), onde relatam que a matéria orgânica dos solos pode ser alterada com maior ou

menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado. Estes concluíram que, ao se alterar o manejo, a matéria orgânica sofre rápidas alterações, atingindo um novo equilíbrio. GALVÃO et al. (2005), num estudo em escala de microbacia, observaram, de forma integrada, os principais processos que controlam a qualidade e quantidade de matéria orgânica na paisagem, sendo a presença de carbono e nitrogênio importantes para a qualidade da matéria orgânica no solo.

Nos estudos de FRAGA & SALCEDO (2004), os menores valores de matéria orgânica foram encontrados na pastagem, provavelmente devido aos baixos aportes de resíduos orgânicos utilizados na alimentação do gado, bem como ao revolvimento periódico do solo associado ao cultivo, o que aumenta as taxas médias de mineralização da matéria orgânica. Nesse trabalho, os menores valores foram determinados nas áreas de cana-de-açúcar, possivelmente devido as práticas de manejo da cultura e revolvimento da camada superficial.

O **fósforo** (P) apresentou diferença significativa entre as microbacias M2 e microbacias M1 e M3. Entretanto, os valores obtidos não apresentaram diferença significativa nos sistemas pastagem e cana-de-açúcar. Já na mata, o valor foi inferior aos outros dois sistemas. ARAÚJO et al. (2004) encontraram baixos teores de fósforo disponível em solo sob mata, semelhante à área em estudo. Diferente de MARIN (2002), que diz que 15 a 80% do P do solo têm provável proveniência da matéria orgânica. BARRETO et al. (2006) justifica que os maiores valores de fósforo nos sistemas pastagem e cana-de-açúcar provavelmente são devido a correções de adubação feitas nestes sistemas de uso, o que podemos ressaltar nesse trabalho.

O **potássio** (K) apresentou diferença significativa dentre as microbacias M1 e M3, e dentre os três tipos de uso e ocupação do solo, com maior valor em área de mata. No estudo de BARRETO et al. (2006) o sistema de uso pastagem apresentou maior teor de potássio, em relação aos usos mata nativa e cultivo com cacau, e SOUZA et al. (1998) não observaram diferenças marcantes para a variabilidade do potássio entre diferentes sistemas de manejo, possivelmente graças à sua maior mobilidade no solo, o que pode ser verificado nesse trabalho, que nos sistemas agropecuários o teor de K foi menor.

O **cálcio** (Ca) não apresentou diferença significativa entre as microbacias. Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, o sistema mata apresentou o maior valor, em que diferiu significativamente do sistema pastagem e cana-de-açúcar. Já nos estudos de BARRETO et al. (2006), com relação as características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia, estes concluíram que o sistema mata apresentou o menor valor de cálcio em relação aos outros usos do solo. Já BAYER & MIELNICZUK (1997) concluíram em seu trabalho que os valores de cálcio foram afetados por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura, o que foi verificado nesse estudo, tendo em vista que na área de mata os valores foram maiores, diferindo estatisticamente dos outros usos.

O **magnésio** (Mg) também não apresentou diferença significativa entre as microbacias. Quanto ao uso e ocupação do solo, o sistema mata apresentou o maior valor, em que diferiu significativamente do sistema pastagem e cana-de-açúcar. BAYER & MIELNICZUK (1997) concluíram que os valores de magnésio também foram afetados por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  encontrados por ARAÚJO et al. (2004) foram considerados restritivos a nutrição mineral, inferindo os valores encontrados nos sistemas pastagem e cana-de-açúcar. Eles explicam que o desenvolvimento da mata está relacionado com a eficiente reciclagem de nutrientes que ela efetua.

A **acidez potencial** ( $\text{H}^+ + \text{Al}$ ) também não apresentou diferença significativa dentre as microbacias. Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, o sistema mata apresentou o maior valor, em que diferiu significativamente de cana-de-açúcar. BARRETO (2006) verificou maior valor para mata e menor para pastagem, relatando que o maior valor apresentado pelo solo da mata, juntamente com o valor do alumínio trocável. Porém, MATIAS (2003) verificou maiores concentrações de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  para solo sob pastagem. Essa discordância nos resultados, provavelmente, deve-se ao tempo de implantação do pastejo.

Na mata, devido ao processo de ciclagem de nutrientes, a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  é grande na manta orgânica, o que pode explicar os maiores valores no solo superficial, o que favorece a concentração de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  no meio. A mata foi o sistema que apresentou acidez potencial mais elevado e maiores teores de cálcio, magnésio e



potássio, em comparação com os demais sistemas, semelhante ao trabalho de FIALHO et al. (1991), que relatam que em relação aos teores de nutrientes, os maiores valores foram encontrados para mata natural, o que condiz com estes resultados e com os de ARAÚJO et al. (2004).

BAYER & MIELNICZUK (1997) salientam que os valores de pH, capacidade de troca catiônica, teores de potássio, cálcio e magnésio são afetados por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura, possivelmente ao preparo do solo na cultura de cana-de-açúcar.

A **soma de bases** (Ca + Mg + K) não apresentou diferença significativa entre as microbacias. Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, o sistema mata apresentou o maior valor, diferindo significativamente de pastagem e cana-de-açúcar. BAYER & MIELNICZUK (1997) concluíram que a soma de bases também foi afetada por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura.

A **capacidade de troca catiônica** (T) não apresentou diferença significativa entre as microbacias. Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, o sistema mata apresentou o maior valor, diferindo significativamente de pastagem e cana-de-açúcar, semelhante a trabalhos desenvolvidos por BAYER & MIELNICZUK (1997).

A **saturação de bases** (V) não apresentou diferença significativa entre as microbacias e entre os tipos de uso e ocupação do solo. FEITOSA (2004) relatou baixa saturação por bases em um fragmento de Mata Atlântica. Em trabalho de BARRETO et al. (2006), estes verificaram que os sistemas de uso cacau e pastagem apresentaram saturação por bases (V) aproximadamente três vezes superior ao sistema Mata Atlântica, indicando que a nutrição da vegetação na mata é sustentada, provavelmente, pela ciclagem de nutrientes, com grande acúmulo na manta orgânica, e nos demais sistemas é necessário o uso de corretivos.

Para a avaliação dos micronutrientes foi realizada a comparação das médias de efeitos principais, que são as diferenças entre as microbacias (M1 - microbacia 1; M2 - microbacia 2; M3 – microbacia 3) e uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) (Tabela 2), relativas à microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória.

Tabela 2. Micronutrientes das microbacias e tipos de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Al</b>
	mg.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	mmol.c.dm <sup>-3</sup>
M1	0,2 a	0,7 ab	50,1 a	28,2 a	0,8 a	1,1 a
M2	0,2 a	0,8 a	72,3 a	25,9 ab	1,3 a	0,5 a
M3	0,2 a	0,5 b	83,7 a	19,1 b	0,8 a	0,8 a
MATA	0,2 a	0,6 b	88,7 a	34,4 a	1,2 a	1,1 a
PASTAGEM	0,2 a	0,9 a	102,7 a	22,3 b	1,4 a	0,9 a
CANA-DE-AÇÚCAR	0,1 a	0,5 b	14,7 b	16,6 b	0,3 b	0,5 a
CV	20,2	47,4	99,8	41,8	76,5	171,5

B = boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Zn = zinco; Al = alumínio.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV = coeficiente de variação.

Com relação aos micronutrientes, o **boro** (B) não apresentou diferença significativa entre as microbacias e entre os tipos de uso e ocupação do solo. Em solos da região do cerrado, a escassez de água, o pH baixo e os altos teores de ferro e de alumínio são fatores que predispõem os solos à deficiência de boro; além disso, a matéria orgânica constitui a principal fonte de boro nestes solos e, considerando os baixos teores normalmente presentes, aumentam as chances de ocorrerem deficiências (MAGALHÃES & MONNERAT, 1978; BUZETTI et al., 1990; citados por PRADO et al., 2006). Saliem-se, ainda, que o manejo adequado do boro no sistema solo-planta é normalmente dificultado, pois a faixa de concentração entre a deficiência e a toxicidade é a menor, se comparada à dos outros nutrientes. Soma-se a isto o fato de que o aumento da concentração de B nas plantas pode diminuir a concentração de outros nutrientes, como de P, Ca e Fe, e não alterar.

O **cobre** (Cu) apresentou diferença significativa dentre as microbacias, sendo maior na microbacia 2. Dentre os tipos de uso e ocupação do solo, o sistema de pastagem foi significativo estatisticamente, em comparação com o sistema de mata e cana-de-açúcar. O cobre, além de ser um metal pesado, atende aos critérios de essencialidade para plantas e microrganismos, sendo classificado como micronutriente. Em grandes concentrações, pode proporcionar efeitos tóxicos ao tecido vegetal e causar a deficiência de outros nutrientes essenciais através de interações antagônicas (SODRÉ et al., 2001).

A dinâmica do cobre no solo é bastante complexa e altamente afetada por inúmeros fatores do meio, principalmente a composição química, física e mineralógica do solo, a quantidade de matéria orgânica e o pH (COSTA et al., 2002).

O **ferro** (Fe) não apresentou diferença significativa dentre as microbacias. Já os uso/ocupação de mata e pastagem foram significativos estatisticamente, em comparação com o sistema de cana-de-açúcar.

O **manganês** (Mn) apresentou diferença significativa dentre as microbacias, sendo significativo na microbacia M1. No sistema de uso e ocupação de mata, este diferiu significativamente de pastagem e cana-de-açúcar.

A análise de solo é complexa para Fe e Mn, devido à concentração desses elementos ser muito influenciada pelas reações de oxirredução (ABREU et al., 2004). Os óxidos de ferro no solo são constituídos, em sua maioria, de produtos de neoformação provenientes da alteração de sedimentos e materiais de solo. Esses óxidos formam-se sob a influência de diversos fatores ambientais, tais como temperatura, umidade, teor de matéria orgânica, pH, entre outros, e devido a isto, refletem as condições de pedogênese sob as quais eles teriam sido cristalizados (CORNELL & SCHWERTMANN, 1996; citados por PEREIRA & ANJOS, 1999). Este fato pode explicar a diferença entre os dois sistemas mata e cana-de-açúcar, devido ao preparo do solo e condução do sistema produtivo.

Sintomas de deficiência de Mn comumente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, quando da utilização intensiva do solo, que levam a uma retirada crescente de micronutrientes, sem adequada reposição, e em casos em que ocorre uma supercalagem, ocasionando uma indisponibilização do nutriente. A utilização intensiva de fosfatos no sistema produtivo também contribui para a baixa disponibilidade de micronutrientes (MANN et al., 2001).

O **zinco** (Zn) não apresentou diferença significativa entre as microbacias e, entre os tipos de uso e ocupação do solo, os sistemas de mata e pastagem foram estatisticamente significativos, em comparação com o sistema de cana-de-açúcar.

O **alumínio** (Al) não apresentou diferença significativa entre as microbacias e entre os tipos de uso e ocupação do solo. O alumínio é constituinte das partículas de argila do solo, ocorrendo a sua migração para a fração trocável ou para a solução do

solo, em solos com pH abaixo de 5,0. A calagem corrige apenas as camadas superficiais do solo e o subsolo pode permanecer ainda ácido, restringindo o crescimento das raízes das cultivares sensíveis ao alumínio somente nas camadas superficiais do solo. Além disso, o alumínio interfere na absorção e movimentação do fósforo, cálcio, magnésio e molibdênio, contribuindo para a fixação de fósforo (MISTRO et al., 2001).

Para a avaliação dos atributos físicos foi realizada a comparação das médias de efeitos principais, que são as diferenças entre as microbacias (M1 - microbacia 1; M2 - microbacia 2; M3 – microbacia 3) e uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) (Tabela 3), relativas à microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória.

Tabela 3. Atributos físicos das microbacias e tipos de uso e ocupação do solo na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	Densidade g.cm <sup>-3</sup>	Microporosidade %	Macroporosidade %	VTP %
M1	1,21 ab	17,3 a	16,5 a	33,8 a
M2	1,13 b	16,5 a	21,5 a	38,0 a
M3	1,23 a	17,8 a	15,7 a	32,5 a
MATA	1,04 b	22,6 a	22,2 a	44,9 a
PASTAGEM	1,29 a	17,2 b	12,4 b	29,6 b
CANA-DE-AÇÚCAR	1,24 a	10,8 c	19,1 a	29,9 b
CV	9,2	31,4	37,6	24,7

VTP = volume total de poros.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV = coeficiente de variação.

Com relação aos atributos físicos do solo, a **densidade** apresentou diferença significativa dentre as microbacias hidrográficas. O sistema mata diferiu significativamente em relação à pastagem e cana-de-açúcar. Isto se justifica pelo fato de que a densidade, que é um atributo físico de solo estável, é sujeito às variações devido ao manejo. O aumento da densidade implica em redução da macroporosidade, o que pode induzir a uma reduzida difusão de gases no solo em períodos de maior umidade, indicando sérios riscos às plantas do solo. A densidade do solo foi maior nas áreas de pastagem e cana-de-açúcar, o que já era esperado, pois a mobilização aumenta o volume do espaço poroso do solo (SANTOS et al.; 2009).

A **microporosidade** do solo não apresentou diferença significativa dentre as microbacias hidrográficas. Os três tipos de uso e ocupação do solo diferiram entre si, sendo maior em mata, pastagem e cana-de-açúcar, respectivamente.

A **macroporosidade** não apresentou diferença significativa dentre as microbacias hidrográficas. Os sistemas mata e cana-de-açúcar foram estatisticamente significativos, diferindo de pastagem. O menor valor no sistema de pastagem é semelhante ao encontrado por TEIXEIRA et al. (2006), em que a pequena proporção de macroporos encontrada sugere a ocorrência de problemas de compactação. Segundo ALVES (2006) os baixos valores de macroporosidade também proporcionam elevadas perdas de nitrogênio por desnitrificação. De acordo com SOUZA et al. (2005b), a redução na macroporosidade tem grande efeito sobre o desenvolvimento radicular das plantas e sobre a velocidade de infiltração de água, por imprimir ao solo condições de baixa aeração.

O **volume total de poros** (VTP) não apresentou diferença significativa dentre as microbacias, entretanto foi estatisticamente significativo no sistema de mata. De acordo com SANTOS et al. (2009), os atributos densidade e porosidade não apresentaram diferença quando analisados em profundidade e nem quando analisados entre as coberturas vegetais. CENTURION et al. (2001) descrevem em seu estudo que independente das formas de manejo, as propriedades físicas foram mais afetadas que as propriedades químicas do solo.

#### 4.2 Avaliações do uso/ocupação nas microbacias

Para o teste das médias, foram feitas as avaliações de cada uso/ocupação MATA nas microbacias (M1, M2 e M3), PASTAGEM nas microbacias (M1, M2 e M3) e, CANA-DE-AÇÚCAR nas microbacias (M1, M2 e M3) (Tabela 4). Nessa avaliação, o interessante é verificar a diferença dos atributos do solo de cada uso/ocupação nas unidades territoriais de microbacias.

Tabela 4. Atributos químicos em cada uso e ocupação do solo nas microbacias do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	MICROBACIAS	MATA	PASTAGEM	CANA-DE-AÇÚCAR
pH	M1	5,3 a	4,9 a	5,4 a
	M2	5,3 a	5,3 a	5,0 a
	M3	5,3 a	5,1 a	5,4 a
M.O. g.dm <sup>-3</sup>	M1	23,6 ab	19,2 a	12,2 a
	M2	30,4 a	16,0 a	7,6 a
	M3	22,2 b	17,0 a	12,0 a
P mg.dm <sup>-3</sup>	M1	6,4 a	7,2 b	16,0 ab
	M2	7,8 a	34,2 a	28,2 a
	M3	6,8 a	20,0 ab	9,4 b
K mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	2,2 b	1,8 a	1,1 a
	M2	3,9 a	2,8 a	1,2 a
	M3	4,1 a	2,5 a	1,5 a
Ca mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	44,2 a	13,8 a	17,6 a
	M2	68,2 a	23,2 a	11,2 a
	M3	39,4 a	18,2 a	24,6 a
Mg mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	15,2 a	7,6 a	9,2 a
	M2	26,0 a	12,0 a	6,0 a
	M3	18,6 a	10,0 a	14,8 a
H+Al mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	27,8 a	26,2 a	16,6 a
	M2	31,6 a	17,6 a	18,0 a
	M3	26,0 a	23,6 a	16,6 a
SB mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	61,64 a	23,24 a	27,7 a
	M2	98,1 a	38,0 a	18,4 a
	M3	62,1 a	30,7 a	40,9 a
T mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	M1	89,44 a	49,44 a	44,4 a
	M2	129,7 a	55,6 a	36,4 a
	M3	88,1 a	54,3 a	57,4 a
V %	M1	64,20 a	47,00 a	62,4 a
	M2	72,2 a	66,4 a	50,8 a
	M3	65,4 a	53,4 a	63,6 a

A área de mata não apresentou diferença significativa entre as três microbacias em relação ao pH do solo. O mesmo verificado para os usos de pastagem e cana-de-açúcar.

O solo superficial da área das unidades de mata apresentou diferença significativa entre a microbacia M2 e microbacia M3 em relação a matéria orgânica, enquanto que as microbacias M1 e M3 não apresentaram diferenças significativas, sendo que, a M1 é semelhante à M2. Já as áreas de pastagem e cana-de-açúcar não apresentaram diferença significativa dentre as três microbacias.

O solo de mata não apresentou diferença significativa dentre as três microbacias com relação ao fósforo do solo. Entretanto, as áreas de pastagem e cana-de-açúcar diferiram estatisticamente na microbacia M2, enquanto que as microbacias M1 e M3 apresentaram teores desse elemento semelhantes.

O solo de mata apresentou diferença significativa na microbacia M1 em relação ao potássio, sendo as microbacias M2 e M3 semelhantes. O solo superficial das áreas de pastagem e cana-de-açúcar não diferiram estatisticamente entre as microbacias. Dentre os teores dos atributos químicos, os três tipos de uso/ocupação (mata, pastagem e cana-de-açúcar) não diferiram significativamente nas três microbacias em relação ao cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (T) e saturação por bases (V).

A matéria orgânica (M.O.) e o fósforo (P) foram os atributos que mais diferiram significativamente dentre as microbacias em cada uso/ocupação. A mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de nutrientes essenciais às plantas, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (MARIN, 2002).

BARRETO et al. (2006) relatam que em relação ao P disponível, a serrapilheira dos sistemas mata e pastagem pode contribuir para o fornecimento de P na camada superficial e diminuir a possibilidade de reações de fixação deste. Entretanto no solo de mata, nas três microbacias os teores de P foram semelhantes, e nos usos pastagem e cana-de-açúcar diferiram significativamente, possivelmente devido às práticas de adubação nessas áreas.

A seguir são apresentados os teores dos micronutrientes em cada uso/ocupação do solo nas unidades de microbacia (Tabela 5).

Tabela 5. Micronutrientes em cada uso e ocupação do solo nas microbacias do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	MICROBACIAS	MATA	PASTAGEM	CANA-DE-AÇÚCAR
B mg.dm <sup>-3</sup>	M1	0,2 a	0,1 b	0,1 a
	M2	0,2 a	0,2 a	0,2 a
	M3	0,2 a	0,2 ab	0,2 a
Cu mg.dm <sup>-3</sup>	M1	0,9 a	0,6 b	0,8 a
	M2	0,5 a	1,4 a	0,6 ab
	M3	0,4 a	0,9 b	0,2 b
Fe mg.dm <sup>-3</sup>	M1	95,8 a	42,4 b	12,0 a
	M2	94,2 a	106,8 ab	16,0 a
	M3	76,2 a	158,8 a	16,0 a
Mn mg.dm <sup>-3</sup>	M1	29,5 a	40,3 a	14,9 a
	M2	41,6 a	14,3 b	22,1 a
	M3	32,2 a	12,2 b	12,9 a
Zn mg.dm <sup>-3</sup>	M1	1,4 a	0,7 b	0,2 a
	M2	1,1 a	2,5 a	0,3 a
	M3	1,0 a	1,0 b	0,4 a
Al mmolc.dm <sup>-3</sup>	M1	1,8 a	1,4 a	0,2 a
	M2	0,8 a	0,2 a	0,6 a
	M3	0,6 a	1,0 a	0,8 a

Nas áreas de mata não ocorreu diferença estatística entre as microbacias M1, M2 e M3, em todos os micronutrientes avaliados, portanto, pode-se inferir que, os solos superficiais nas unidades de mata, nas três microbacias são semelhantes quanto aos micronutrientes.

Já nas áreas de pastagem, ocorreu diferença estatística entre as microbacias quanto aos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn. O solo de pastagem na microbacia M2 foi o que apresentou maiores teores de B, Cu, Fe, e Zn. Nessa microbacia a área de pastagem fica muito perto de áreas com sistemas agrícolas como cana-de-açúcar e laranja, possibilitando uma interferência quanto as práticas de manejo no que tange à aplicação de micronutrientes.

No solo das áreas de cana-de-açúcar, a microbacia M2 foi estatisticamente diferente somente quanto ao teor de Cu. Os três tipos de uso/ocupação não diferiram significativamente nas três microbacias em relação ao alumínio.



Quanto aos atributos físicos, foram avaliados a densidade a macro e microporosidade e VTP (Tabela 6).

Tabela 6. Atributos físicos em cada uso e ocupação do solo nas microbacias do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

	MICROBACIAS	MATA	PASTAGEM	CANA-DE-AÇÚCAR
Densidade g.cm <sup>-3</sup>	M1	1,08 ab	1,30 a	1,27 a
	M2	0,92 b	1,31 a	1,15 a
	M3	1,13 a	1,26 a	1,29 a
Microporosidade %	M1	25,5 a	15,8 a	10,6 a
	M2	22,9 a	16,8 a	9,8 a
	M3	19,5 a	19,0 a	11,9 a
Macroporosidade %	M1	17,9 b	12,4 a	19,1 a
	M2	31,1 a	11,9 a	21,6 a
	M3	17,7 b	12,9 a	16,5 a
VTP %	M1	43,4 ab	28,2 a	29,8 a
	M2	54,0 a	28,7 a	31,4 a
	M3	37,2 b	31,8 a	28,5 a

VTP = volume total de poros.

As áreas de mata apresentaram diferenças significativas dentre as microbacias em relação à densidade do solo, sendo esta maior nas microbacias M1 e M3. As áreas de pastagem e cana-de-açúcar não diferiram estatisticamente dentre as microbacias, sugerindo áreas compactadas por práticas agrícolas. Os três tipos de uso/ocupação (mata, pastagem e cana-de-açúcar) não diferiram significativamente entre as três microbacias em relação à microporosidade. As áreas de mata em cada microbacia diferiram em relação à macroporosidade, sendo a área de mata da microbacia M2 apresentando o maior valor médio em relação às microbacias M1 e M3. As áreas de pastagem e cana-de-açúcar apresentam-se semelhantes entre as microbacias. Em relação ao volume total de poros, observa-se que a área de mata na microbacia M2 apresentou o maior valor médio, diferindo da área de mata da microbacia M3. A área de mata da microbacia M2 apresenta-se em condições naturais mais propícias à erosão quanto ao solo superficial no que tange ao menor valor de densidade e maior valor médio de macroporosidade.

Observa-se que as operações de preparo do solo realizadas para criar condições favoráveis ao desenvolvimento do sistema produtivo de cana-de-açúcar podem levar a

maior compactação do solo superficial, acarretando modificações da estrutura do solo, tendo em vista os maiores valores de densidade nessas áreas, entretanto, na literatura esses níveis médios não são considerados limitantes ao desenvolvimento radicular das plantas.

#### **4.3 Avaliações em cada microbacia quanto ao uso e ocupação do solo**

Os atributos químicos e físicos em cada microbacia foram avaliados quanto ao tipo de uso e ocupação do solo para inferir a diferença na unidade territorial de microbacias, na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória. Para o teste das médias, foram feitas avaliações dos diferentes uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) dentro de cada microbacia M1, M2 e M3, no intuito de verificar a diferença na unidade prática de mapeamento da distribuição dos solos nas vertentes (Tabela 7).

A idéia de tridimensionalidade da organização do solo, ou catena, indica que os perfis de solos sucedem-se nas vertentes e apresentam uma relação genética em diferentes formas de relevo. Desta forma, o solo é a materialização dos processos morfogenéticos que ocorrem na paisagem, caracterizando a interdependência solo-relevo. Torna-se importante ressaltar a importância sobre a relação solo-paisagem e o balanço entre os processos químicos e físicos nas vertentes superficiais.

Tabela 7. Microbacias e tipos de uso e ocupação do solo relacionados com os atributos químicos na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

		pH	M.O. g.dm <sup>-3</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
		-----mmolc.dm <sup>-3</sup> -----									
M1	MATA	5,3 a	23,6 a	6,4 a	2,2 a	44,2 a	15,2 a	27,8 a	61,6 a	89,4 a	64,2 a
	PASTAGEM	4,9 a	19,2 ab	7,2 a	1,8 a	13,8 a	7,6 a	26,2 a	23,2 a	49,4ab	47,0 a
	CANA-DE- AÇÚCAR	5,4 a	12,2 b	16,0 a	1,1 a	17,6 a	9,2 a	16,6 a	27,7 a	44,5 b	62,4 a
M2	MATA	5,3 a	30,4 a	7,8 b	3,9 a	68,2 a	26,0 a	31,6 a	98,1 a	129,7a	72,2 a
	PASTAGEM	5,3 a	16,0 b	34,2 a	2,8 ab	23,2 b	12,0 b	17,6 b	38,0 b	55,6 b	66,4 a
	CANA-DE- AÇÚCAR	5,0 a	7,6 c	28,2 a	1,2 b	11,2 b	6,0 b	18,0 b	18,4 b	36,4 b	50,8 a
M3	MATA	5,3 a	22,2 a	6,8 a	4,1 a	39,4 a	18,6 a	26,0 a	62,1 a	88,1 a	65,4 a
	PASTAGEM	5,1 a	17,0 ab	20,0 a	2,5 ab	18,2 a	10,0 a	23,6 a	30,7 a	54,3 a	53,4 a
	CANA-DE- AÇÚCAR	5,4 a	12,0 b	9,4 a	1,5 b	24,6 a	14,8 a	16,6 a	40,0 a	57,4 a	63,6 a

Como a comparação dos valores médios obtidos dos atributos do solo em cada uso/ocupação é realizada em cada unidade territorial de trabalho de microbacia (M1, M2 e M3), pode-se inferir uma análise na sequência de catena. Os atributos do solo superficial em cada um dos elementos da paisagem (M1, M2 e M3) diferem, mas a gênese é semelhante.

As três microbacias apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação à matéria orgânica, sendo este atributo maior nas áreas de mata em cada microbacia, teores esperados tendo em vista a ocupação do solo.

As microbacias M1 e M3 não apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação ao fósforo. A microbacia M2 apresentou diferença, sendo o menor teor na mata.

A microbacia M1 não apresentou diferença estatística em sequência de catena em relação ao potássio. As microbacias M2 e M3 apresentaram diferença estatística, sendo este atributo maior na mata.

As microbacias M1 e M3 não apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação ao cálcio, magnésio, acidez potencial e soma de bases. A microbacia M2 apresentou diferença destes atributos, sendo os maiores valores obtidos nas áreas de mata. Podendo ser essas diferenças atribuídas à remoção do solo

superficial das práticas de manejo da cultura de cana-de-açúcar que se localiza acima da área de mata.

As microbacias M1 e M2 apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação à CTC, sendo este atributo maior na mata. A microbacia M3 não apresentou diferença significativa entre os usos.

As três microbacias não apresentaram diferença estatística dentre os tipos de uso/ocupação do solo com relação à saturação por bases.

Para o teste das médias, foram feitas avaliações dos micronutrientes dos diferentes uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) dentro de cada microbacia M1, M2 e M3, no intuito de verificar a diferença na unidade prática de mapeamento da distribuição dos solos nas vertentes (Tabela 8).

Tabela 8. Microbacias e tipos de uso e ocupação do solo relacionados com os micronutrientes, microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

		<b>B</b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>Cu</b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>Fe</b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>Mn</b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>Zn</b> mg.dm <sup>-3</sup>	<b>Al</b> mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
M1	MATA	0,2 a	0,9 a	95,8 a	29,5 ab	1,4 a	1,8 a
	PASTAGEM	0,1 b	0,6 a	42,4 a	40,3 a	0,7 ab	1,4 a
	CANA-DE-AÇÚCAR	0,1 b	0,8 a	12,0 a	14,8 b	0,2 b	0,2 a
M2	MATA	0,2 a	0,5 b	94,2 a	41,6 a	1,1 b	0,8 a
	PASTAGEM	0,2 a	1,4 a	106,8 a	14,3 b	2,5 a	0,2 a
	CANA-DE-AÇÚCAR	0,2 a	0,6 b	16,0 a	22,1 b	0,3 b	0,6 a
M3	MATA	0,2 a	0,4 ab	76,2 ab	32,2 a	1,0 a	0,6 a
	PASTAGEM	0,2 a	0,9 a	158,8 a	12,2 b	1,0 a	1,0 a
	CANA-DE-AÇÚCAR	0,2 a	0,2 b	16,0 b	12,9 b	0,4 a	0,8 a

A microbacia M1 apresentou diferença estatística em sequência de catena em relação ao boro, sendo este atributo maior na mata. As microbacias M2 e M3 não apresentaram diferença significativa.

A microbacia M1 não apresentou diferença estatística em sequência de catena em relação ao cobre. As microbacias M2 e M3 apresentaram diferença significativa, sendo este atributo com maior valor na área de pastagem.

As microbacias M1 e M2 não apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação ao ferro. A microbacia M3 apresentou diferença significativa, sendo este atributo com maior valor no pastagem.

A microbacia M1 apresentou diferença estatística em sequência de catena em relação ao manganês, sendo este atributo com maior valor na área de pastagem. As microbacias M2 e M3 apresentaram diferença significativa na mata.

A microbacia M1 apresentou diferença estatística em sequência de catena em relação ao zinco, sendo este com maior valor na área de mata. A microbacia M2 apresentou diferença estatística no pastagem. Já a microbacia M3 não apresentou diferença significativa dentre os tipos de uso/ocupação do solo.

As três microbacias não apresentaram diferença estatística dentre os tipos de uso/ocupação do solo com relação ao alumínio.

Para o teste das médias, foram feitas avaliações dos atributos físicos dos diferentes uso/ocupação (MATA, PASTAGEM e CANA-DE-AÇÚCAR) dentro de cada microbacia M1, M2 e M3, no intuito de verificar a diferença na unidade prática de mapeamento da distribuição dos solos nas vertentes (Tabela 9).

Tabela 9. Microbacias e tipos de uso e ocupação do solo relacionados com os atributos físicos na microbacia do Córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga-SP.

		Densidade	Microporosidade	Macroporosidade	VTP
		g.cm <sup>-3</sup>	%	%	%
M1	MATA	1,08 b	25,5 a	17,9 a	43,4 a
	PASTAGEM	1,30 a	15,8 b	12,3 a	28,2 b
	CANA-DE-AÇÚCAR	1,27 a	10,6 b	19,1 a	29,8 b
M2	MATA	0,92 b	22,9 a	31,1 a	54,0 a
	PASTAGEM	1,31 a	16,8 ab	11,9 b	28,7 b
	CANA-DE-AÇÚCAR	1,15 a	9,8 b	21,6 ab	31,4 b
M3	MATA	1,13 a	19,5 a	17,7 a	37,2 a
	PASTAGEM	1,26 a	19,0 a	12,9 a	31,8 a
	CANA-DE-AÇÚCAR	1,29 a	11,9 a	16,5 a	28,5 a

As microbacias M1 e M2 apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação à densidade do solo, sendo esta maior nas áreas de pastagem e cana-de-açúcar. Já a microbacia M3 não apresentou diferença significativa dessa variável dentre os tipos de uso/ocupação do solo.

As microbacias M1 e M2 apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação à microporosidade do solo, sendo esta maior na mata. A microbacia M3 não apresentou diferença estatística. E os valores de macroporosidade diferiram entre mata e pastagem na microbacia M2.

As microbacias M1 e M2 apresentaram diferença estatística em sequência de catena em relação ao volume total de poros do solo, sendo este maior na mata.

#### **4.4 Simulações do fluxo de água nas vertentes da microbacia**

Os fatores ligados aos controles estruturais e topográficos exercem efeitos distintos ligados às posições dos cursos d'água à montante das microbacias no sistema de drenagem. Os Argissolos são menos profundos e intemperizados que os Latossolos, interferindo na permeabilidade e na relação infiltração/deflúvio, a qual influencia na espessura, textura, agregação e estrutura do solo (PISSARRA et al., 2006).

Para a análise do fluxo superficial, o movimento de massa torna-se mais expressivo à montante dos Argissolos devido, principalmente, à maior declividade média, ocorrendo escorregamentos translacionais e, dessa forma, a maior capacidade de retrabalhar o fundo do vale, demonstrado na configuração da rede de drenagem e nas características morfométricas dessa microbacia (PISSARRA et al., 2006). A partir da planialtimetria realizada em cada microbacia foram determinadas as curvas de nível (Figuras 7 e 8).

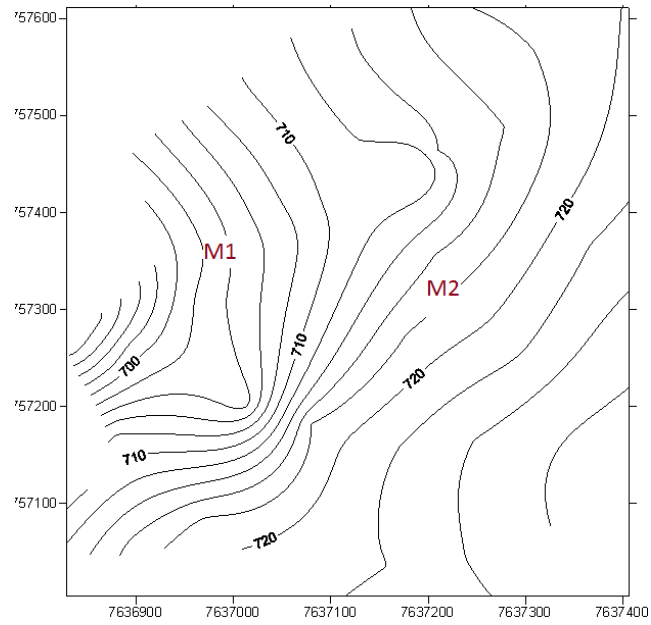


Figura 7. Planialtimetria das microbacias M1 e M2.

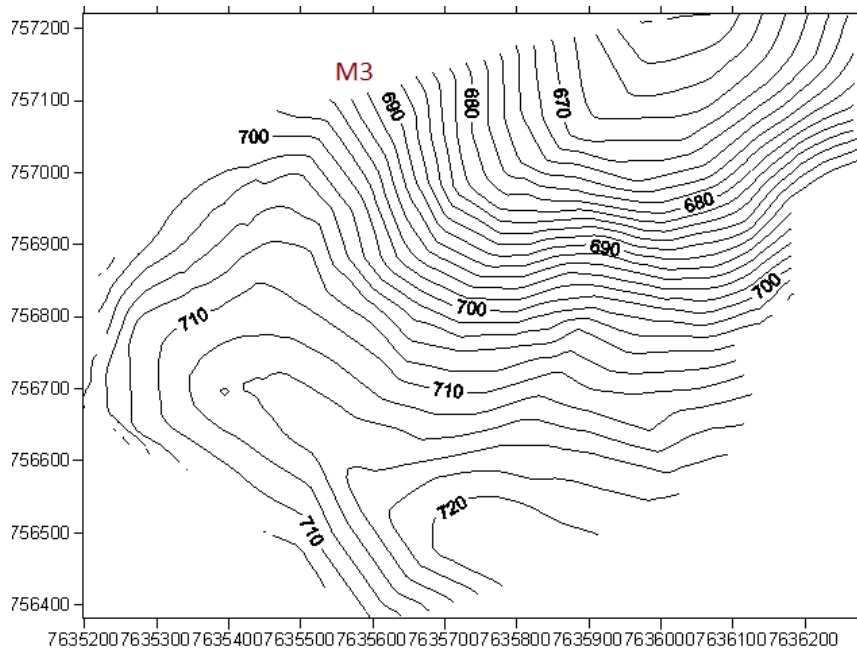


Figura 8. Planialtimetria da microbacia M3.

Após a caracterização do solo, foram realizadas simulações do fluxo de água superficial em cada microbacia para verificar o caminho do escoamento superficial da água e dos sedimentos (Figuras 9 e 10). Verificou-se que as setas indicam o sentido do fluxo de água e quanto maior, maior é a intensidade desse fluxo.

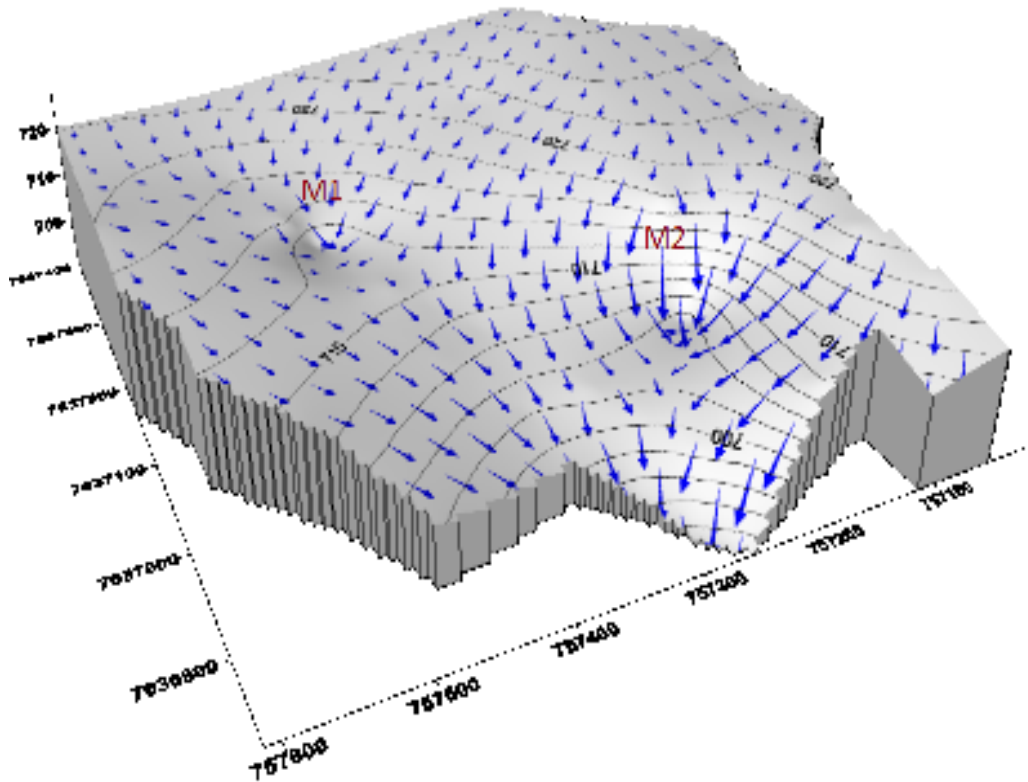


Figura 9. Simulações do fluxo de água e modelo digital de elevação (MDE) das microbacias M1 e M2.



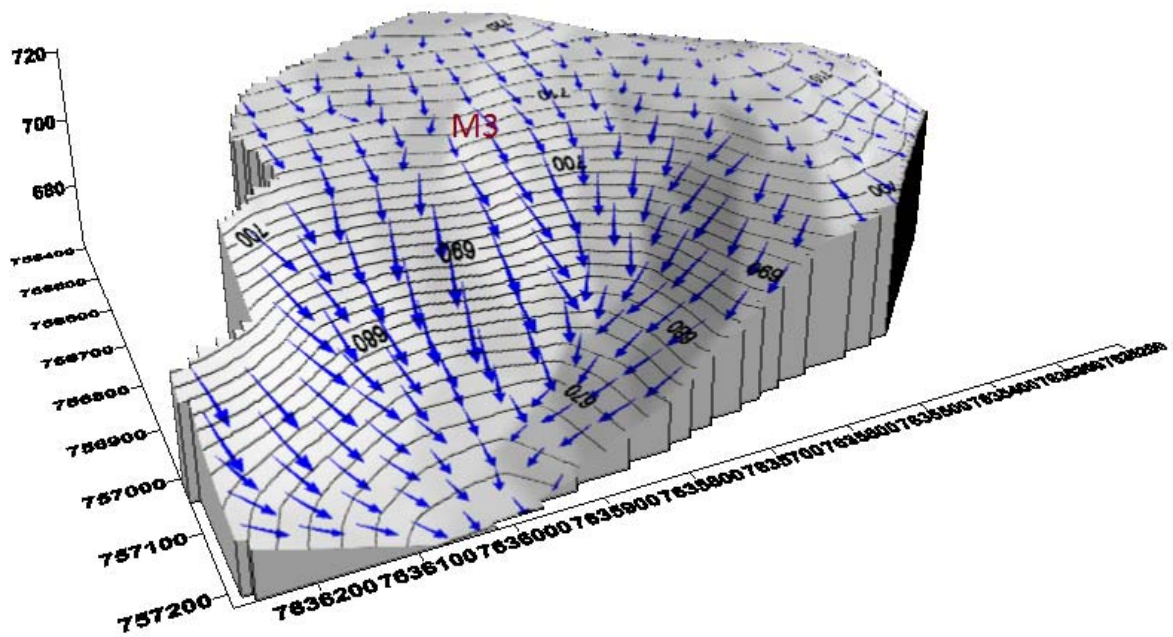


Figura 10. Simulação do fluxo de água e modelo digital de elevação (MDE) da microbacia M3.

A partir da observação dessas figuras, pode-se inferir que o mapeamento digital das vertentes apresentou potencial para a análise do fluxo de água no terreno na escala de estudo de microbacias, semelhante ao verificado por (VALERIANO & CARVALHO JÚNIOR, 2003).

A remoção de partículas de solo superficial e água é diferente de acordo com a forma da vertente (SOUZA et al., 2003), sendo assim pode-se deduzir que as microbacias M2 e M3 são as que apresentam maior escoamento superficial em menor extensão. Como SOUZA et al. (2003) concluíram que as propriedades do solo variam segundo um arranjo definido por diferentes fatores como manejo, erosão e paisagem, implica-se que nessa área o manejo deverá ser mais conservacionista possível para minimizar o impacto do processo erosivo que naturalmente é intenso.

PARK & BURT (2002) afirmaram que os aspectos topográficos do terreno são os principais responsáveis pela variação dos atributos do solo e, conseqüentemente, influenciam grandemente as taxas de perdas de solo por erosão. Assim, devem ser

estabelecidas práticas de manejo visando à conservação do solo e conseqüentemente da água.

O fluxo superficial mais intenso nas microbacias M2 e M3 induz a maiores perdas de solo, apresentando comportamento coerente com a conceituação de superfícies geomórficas, evidenciando as relações de dependência do processo erosivo do solo ao fluxo de água superficial (CAMPOS et al., 2008).

Tem-se evidenciado a sensibilidade das propriedades físicas do solo em relação às alterações provocadas pelo uso agrícola no pedoambiente, servindo como bom indicador da qualidade do solo. Portanto, a análise do fluxo de água nas vertentes auxilia no processo de planejamento da área para a implantação de sistemas produtivos agropecuários.

RODRIGUES et al. (2008) relatam que as condições da evolução e uso/ocupação da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória estão diretamente relacionadas com o grau de movimentação topográfica e características da rede de drenagem, refletindo, portanto, condições importantes do meio relacionadas com o desenvolvimento agrônômico e a preservação ambiental.

Recomendam-se, assim como PISSARRA (2005); PISSARRA et al. (2006); RODRIGUES (2008), um planejamento ambiental da microbacia hidrográfica, práticas de manejo e conservação das nascentes, com remanescentes florestais e matas ciliares para, dentre outras finalidades, melhorar a qualidade dos recursos hídricos.

## V. CONCLUSÕES

As avaliações dos atributos químicos e físicos dos solos entre os diferentes tipos de uso/ocupação demonstraram uma diferença significativa entre as áreas.

O manejo do solo alterou as médias dos atributos químicos e físicos analisados com mudanças principalmente nas camadas superficiais do solo. Os atributos foram significativamente diferentes, destacando a importância dos sistemas de manejo implantados, sendo pastagem e cana-de-açúcar em Argissolos.

A matéria orgânica foi um dos atributos mais sensíveis às transformações desencadeadas pelo uso/ocupação.

O modelo digital de elevação do terreno apresentou potencial na escala de estudo de microbacias.

O diagnóstico dos atributos químicos e físicos dos solos na microbacia hidrográfica permitiu diferenciar as unidades de manejo quanto ao uso/ocupação do solo, sendo este um instrumento necessário para a preservação e gerenciamento deste recurso.

## VI. REFERÊNCIAS

- ABDALA, V. L. **Zoneamento ambiental da bacia do Alto Curso do Rio Uberaba (MG) como subsídio para a gestão do recurso hídrico superficial**. 2005, 73 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2005.
- ABREU, C. A.; RAIJ, B. V.; ABREU, M. F.; GONZALEZ, A. P. Avaliação da disponibilidade de manganês e ferro em solos pelo uso do método modificado da resina de troca iônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 579 - 584, 2004.
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 41, n. 1, p.169 - 263, 1964.
- ALVES, M. C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 1992. 173f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ALVES, M. C. Recuperação dos solos degradados pela agricultura. In: Encontro Nacional sobre Educação Ambiental na Agricultura, 5, 2006. **Anais...** Instituto Agrônomo: Campinas. CD-ROM.
- ANDRADE JÚNIOR, R. T. **Propriedades físico-químicas de um solo em recuperação e adaptação da *Brachiaria decumbens***. 2004. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857 - 865, 2000.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 307 - 315, 2004.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.10, n. 2, p. 185 - 96, 1998.

ARRAES, C. L.; MAINARDI, F. S.; RODRIGUES, F. M.; ANDRIOLI, I.; GALBIATI, J. A.; CENTURION, J. F.; ZANATA, M.; BORGES, M. J.; LUCA JÚNIOR, P. R.; CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T.; GREGGIO, T. C. **Informações Básicas para o Planejamento Ambiental - Município de Jaboticabal**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2009, 70 p.

BAHIA, V. G. Fundamentos da erosão acelerada do solo ( tipos, formas, mecanismos, fatores atuantes e controle ). **Informativo Agropecuário**: Belo Horizonte, v.16, n.176, p. 25 - 31, 1992.

BARBOSA, J. C., MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatística de Ensaios Agronômicos**, Jaboticabal, versão 1.0., 2008.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 415 - 425, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p.105 - 112, 1997.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 485 - 494, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1993. 355p.

BEZERRA, J. F. R.; ROCHA, E. A. V.; ALVES, R. R. Estudo do relevo associado ao modelo numérico de terreno na bacia do Glória, Uberlândia - MG. **Revista Mirante**, Pires do Rio, v. 1, n.1, 14p., 2006.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: ASA/SSSA, 1986, p. 377 - 382.

BLASZCZYNSKI, J. S. Landform characterization with Geographic Information Systems. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 63, p.183 - 191, 1997.

BRITO, L. F.; SOUZA, Z. M.; MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAZETTA, D. A.; CALZAVARA, S. A.; OLIVEIRA, L. Influência de formas de relevo em atributos físicos de um Latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p.1749 - 1755, 2006.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, p. 3 - 22, 2005.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 194 p., 1986.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAR, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa Soils. **Soil Science Society American Journal**, Chicago, v. 58, p. 1501 - 1511, 1994.

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z .M.; BARBIERI, D. M. Variação espacial da perda de solo por erosão em diferentes superfícies geomórficas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2485 - 2492, 2008.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p. 935 - 944, 2003.

CARVALHO, H. O. G. **Física dos solos**. Campina Grande: UFPB, 2000. 173p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/index.php>>. Acesso em: 21 out. 2009.

CENTURION, F. J.; CARDOSO J. P.; NATALE, W. Efeitos de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um latossolo vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254 - 258, 2001.

CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; ROCHA, M. F.; CARVALHO JÚNIOR, W.; SOUZA NETO, N. C. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 218 - 226, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher. 150 p. 1974.

COSTA, A. C. S.; ALMEIDA, V. C.; LENZI, E.; NOZAKI, J. Determinação de cobre, alumínio e ferro em solos derivados do basalto através de extrações sequenciais. **Química Nova**, São Paulo, v. 25 n. 4, p. 548 - 552, 2002.

- CORÁ, J. E. **The potential for site-specific management of soil land yield variability induced by tillage**. 1997. 104 f. Tese (Doutorado) - East Lansing, Michigan State University, 1997.
- CRUZ, L. S. B. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Uberaba**. 2003. 181 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2003.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 248p.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: BLACK, C. A., ed. **Methods of Soil Analysis**. I. Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p. 443 - 461, 1986.
- DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115 - 125, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.
- FERRAZ, F. B.; MORTATTI, J. Avaliação do processo erosivo mecânico em bacia subtropical desenvolvida pela análise de sedimentos finos em suspensão. **Revista Geociências**, Rio Claro, v. 21, n. 1/2, p. 113 - 120, 2002.
- FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e características químicas e físicas e atividade da microbiota de um solo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 21 - 28, 1991.
- FILADELFO JÚNIOR, W. S. **Geoprocessamento aplicado ao estudo de ocupação do solo e das classes de declive**. 1999, 112 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 1999.
- FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.
- FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 215 - 224, 2004.

GALATTI FILHO, F. A. **Geoprocessamento aplicado na distribuição espacial da capacidade do uso na microbacia do Córrego dos Rochas, Avaré (SP)**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, A. C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, p. 955 -962, 2005.

GREGGIO, T. C.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal - SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.1, p.117 - 124, 2009.

GRIEVE, I. C.; DAVIDSON, D. A.; BRUNEAU, P. M. C. Effects of liming on void space and aggregation in an upland grassland soil. **Geoderma**, v. 125, p. 39 - 48, 2005.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 807 - 813, 1945.

HUTCHINSON, M. F. A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In: International conference/workshop on integrating GIS and environmental modeling. **Proceedings...** Santa Bárbara: National Center for Geographic Information and Analysis. University of California, 1996. CD-ROM.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. São Paulo, v.1 - 2, 1184 p., 1981.

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

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

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

MACHADO, M. D. G.; BACARO, C. A. D. Estruturação geológica/geomorfológica do município de Patrocínio - MG. **II Simpósio Regional de Geografia "Perspectivas para o Cerrado no Século XXI"**, Uberlândia, 13 p., 2003.



MANN, E. N.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, J. G.; CORRÊA, J. B. D. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 264 - 273, 2001.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1177 - 1182, 2000.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MARTINS, E. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SOUZA, V. V.; COUTO JÚNIOR, A. F.; OLIVEIRA, S. N.; GOMES, R. A. T.; REATTO, A. Relação solo-relevo em vertentes assimétricas no parque nacional da Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, p. 45 - 62, 2007.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 8 - 18, 2009.

MATIAS, M. I. A. S. **Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro**. 2003. 78f. Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2003.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p. 209 - 248, 2003.

MISTRO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Avaliação de genótipos de trigo, de diferentes origens, em relação à toxicidade de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p. 177 - 184, 2001.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: EMBRAPA/IAC, p. 64, 1999.

OLIVEIRA, J. T.; MOREAU, A. M. S. S.; PAIVA, A. Q.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2821 - 2829, 2008.

OLIVEIRA, J. R.; PINTO, M. F.; SOUZA, W. J.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes padrões de chuva

simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.140 - 147, 2010.

PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 66, n. 6, p. 1897 - 1910, 2002.

PEREIRA, V. P. **Solo**: manejo e controle de erosão hídrica. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56p.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Formas extraíveis de ferro em solos do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 371 - 382, 1999.

PIROLI, E. D.; BECKER, E. L. S.; BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S. Análise do uso da terra na microbacia do arroio do meio - Santa Maria - RS, por sistema de informações geográficas e imagem de satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 407 - 413, 2002.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomorfológicas de microbacias hidrográficas 1º ordem de magnitude em quatro posições do sistema natural de drenagem**. 1998. 124f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PISSARRA, T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP: comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais**. 2002. 132f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PISSARRA, T. C. T.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. ROSALEN, D.; IHA, D. Avaliação por fotointerpretação do uso/ocupação do solo e erosão acelerada em microbacias hidrográficas utilizando Sistemas de Informação Geográfica. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 2005, INPE, p. 2331 - 2337.

PISSARRA, T. C. T.; BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; RODRIGUES, F. M.; POLITANO, W. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego rico, região nordeste do Estado de São Paulo. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 170 - 177, 2006.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 305 - 309, 2006.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, Brasília, v. 15, p. 77 - 90, 2002.

QUEIROZ, H. A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da Microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP.** 2008. 57f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Faculdade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Fund. Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual para projetos ambientais.** Santa Maria: UFSM, 1997. 423p.

ROCHA, J. V. El Sistema de informaciones geográficas (SIG) en los contextos de planificación del medio físico y de las cuencas hidrográficas. In: REPETTO, F. L.; KAREZ, C. S. **Aspectos geológicos de protección ambiental.** Montevideu: UNESCO, 2000. p.112 - 123.

ROCHA, J. S. M.; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 4ª ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. 120 p.

RODRIGUES, F. M. **Caracterização hídrica em função das condições de uso e manejo do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda da Glória, Taquaritinga, SP.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga**, Botucatu, v.13, n. 3, p. 310 - 322, 2008.

ROTH, C. H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 241 - 248, 1991.

RUHE, R. V. **Geomorphology** - geomorphic processes and superficial geology. Boston: Houghton Mifflin, 1975. 246p.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Legislação sobre recursos hídricos.** São Paulo: DAEE, 1994. 72p.

SANTOS, L. N. S.; PASSOS, R. R.; CARDOSO, L. C. M.; SANTOS, C. L.; GARCIA, G. O.; CECÍLIO, R. A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em alegre (ES). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 140 - 149, 2009.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013 -1020 , 2003.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329 - 337, 2006.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A.; OKA-FIORI, C. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 317 - 329, 2008.

SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. V. Soil compaction problems in world agriculture. In: NOME (Ed.). Soil compaction in crop production. **Elsevier**: Amsterdam, p. 1 - 21, 1994.

SODRÉ, F. F.; LENZI, E.; COSTA, A. C. S. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324 - 330, 2001.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 77 - 86, 1998.

SOUZA, C. K. **Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de Latossolos em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP)**. 2001. 186f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2001.

SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; VERTUAN, H. V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; BENTO, M. J. C. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho eutroférrico sob cultivo de cana-de-açúcar na região de Jaboticabal (SP). In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002. 1 CD ROM.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.25, n.1, p. 27 - 34, 2003.

SOUZA, C. K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1067 - 1074, 2003.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271 - 278, 2005a.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.11, p.1135-1139, 2005b.

STEINKE, E. T.; CAMPANA, N. A. Geração de modelos numéricos do terreno (MNT's) a partir do método Kriging. **Revista Múltipla**, Brasília, v. 4, n. 7, p. 121-135, 1999.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of American Geophysical Union**, p. 913 - 920, 1957.

SURFER. **Surfer 7.0**. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers: user's Guide. New York: Golden software, 1999, 619 p.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORSELLI, T. B. G. A.; KROLOW, I. R. C.; SIMONETE, M. A. Atributos físico-hídricos de um solo cultivado com pastagem de azevém sob diferentes combinações de preparo e tratamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 117 - 123, 2006.

TERAMOTO, E. R.; LEPSCH, I. F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 361 - 371, 2001.

TORNERO, M. T. **Análise ambiental através de sistema de informações geográficas (SIG), como subsídio ao planejamento no município de Maringá- PR**. 2000. 184f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, J. A. Levantamento topográfico e caracterização da paisagem para planejamento conservacionista numa microbacia hidrográfica de Uberaba. **Caminhos da Geografia**, v. 6, n. 19, p. 150 - 159, 2006.

TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; PAULA, J. C. Capacidade de uso das terras como subsídio para o planejamento da microbacia do córrego Lanhoso, em Uberaba (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 24, p. 22 - 32, 2007.

TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUÊS, J. C. S.; VICTORIA, R. L.; REICHARDT, K. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento a vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 89 - 99, 1996.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 17 - 29, 2003.

VALLE JÚNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 233f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Relações material de origem-solo e pedogênese em uma sequência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 357 - 369, 1999.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 891 -900, 2004.