

ZILDA ROMANOVSKI

**MORFOLOGIA E ASPECTOS HIDROLÓGICOS DA MICROBACIA RUA  
NOVA, VIÇOSA-MG, PARA FINS DE MANEJO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2001

ZILDA ROMANOVSKI

**MORFOLOGIA E ASPECTOS HIDROLÓGICOS DA MICROBACIA RUA  
NOVA, VIÇOSA-MG, PARA FINS DE MANEJO**

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

APROVADA, 18 de maio de 2001.

---

Prof. João Luiz Lani  
(Conselheiro)

---

Prof. Vicente Paulo Soares

---

Prof. Wantuelfer Gonçalves

---

Prof. Sebastião Venâncio Martins

---

Prof. Guido Assunção Ribeiro  
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais.

Aos meus irmãos.

Aos meus sogros.

Aos meus cunhados.

Ao meu esposo, Manuel.

Aos meus filhos, Leonardo e Catarina.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sem o qual nada seria possível.

Ao povo brasileiro, que por meio de impostos financiaram meus estudos de Graduação e Pós-Graduação em uma Universidade pública e de excelente qualidade.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Ao Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE), pelo apoio financeiro na aquisição e instalação dos equipamentos e incentivo para realização do estudo.

Ao professor Guido Assunção Ribeiro, pela orientação, pela compreensão, pela confiança e pelos estímulos constantes, sendo suas contribuições imprescindíveis para a conclusão deste estudo.

Ao professor Paulo Sant'Anna e Castro, pela orientação na primeira fase do estudo, pelos ensinamentos ministrados durante o curso, pela amizade e pelo incentivo para a realização deste estudo.

Ao professor João Luiz Lani, pelas contribuições e sugestões no decorrer deste trabalho, pelos ensinamentos ministrados durante o curso de Mestrado e pela sua presença fundamental.

Aos professores Vicente Paulo Soares, Wantuelfer Gonçalves e Sebastião Venâncio Martins, pelas contribuições, sugestões e críticas, as quais aprimoraram este estudo.

À secretária de pós-graduação do Departamento de Engenharia Florestal, Ritinha, por sua competência, disposição e seriedade, honrando o cargo de servidor público.

Aos amigos do curso de Ciência Florestal, em especial a Marina, Ângelo, Mariângela, Alba, Ana Patrícia, Fernando e Urbano, pela amizade e pelas discussões, que muito contribuíram para meu amadurecimento profissional, e pela partilha nos momentos difíceis.

Às amigas Ana Esméria, Ana Augusta e Ana Albanês, pela amizade, pelas discussões e por contribuírem para o meu conhecimento de hidrologia.

Ao meu esposo, pelo auxílio na coleta e no processamento dos dados e pelo apoio nos momentos cruciais.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ZILDA ROMANOVSKI, filha de Pedro Romanovski e Eleonora Lenartovicz Romanovski, nasceu em 26 de outubro de 1972, em Contenda-Paraná.

Iniciou seus estudos no Colégio Estadual João Loyola. Concluiu o 1º Grau na Escola Social Madre Clélia, e o 2º Grau no Colégio Dom Bosco, em Curitiba - Paraná.

EM 1992, INGRESSOU NO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA-MINAS GERAIS, GRADUANDO-SE EM DEZEMBRO DE 1997.

EM NOVEMBRO DE 1998, INGRESSOU NO CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA FLORESTAL COMO PESQUISADORA DA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E HIDROLOGIA FLORESTAL, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA-MG, DEFENDENDO TESE EM 18 DE MAIO DE 2001.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2, REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Gerenciamento integrado dos recursos hídricos .....	4
2.2. Bacia hidrográfica .....	5
2.3. Ciclo hidrológico.....	6
2.3.1. Precipitação .....	7
2.3.2. Interceptação.....	9
2.3.3. Escoamento superficial .....	9
2.3.4. Escoamento subsuperficial .....	12
2.3.5. Escoamento de base.....	14
2.3.6. Infiltração.....	15
2.3.7. Evapotranspiração.....	16
2.3.8. Deflúvio e vazão.....	18
2.3.8.1. Hidrógrafa.....	19
2.4. Ambiente e regime hidrológico da bacia hidrográfica.....	19
2.4.1. Geomorfologia.....	20
2.4.2. Solos.....	21
2.4.3. Cobertura vegetal .....	25

	<b>Página</b>
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	31
3.1. Caracterização da área .....	31
3.1.1. Características geológicas e classificação dos solos da bacia.....	31
3.1.2. Características climáticas.....	32
3.1.3. Características da cobertura vegetal e uso do solo.....	33
3.2. Metodologia.....	34
3.2.1. Elaboração de mapas fisiográficos da microbacia .....	34
3.2.1.1. Índices fisiográficos da bacia hidrográfica.....	34
3.2.2. Análise do solo .....	39
3.2.2.1. Análise física .....	39
3.2.2.2. Análise química.....	40
3.2.3. Precipitação pluviométrica .....	40
3.2.4. Calibração do vertedouro e obtenção da hidrógrafa.....	41
3.2.5. Histórico e estudo do uso da terra.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. Índices fisiográficos da microbacia da Rua Nova .....	42
4.2. Distribuição dos solos no ambiente .....	53
4.3. Caracterização física e química dos solos no ambiente .....	56
4.4. Regime hidrológico.....	68
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	74
6. RECOMENDAÇÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78



## RESUMO

ROMANOVSKI, ZILDA, M.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2001. **Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo.** Orientador: Guido Assunção Ribeiro. Conselheiros: João Luiz Lani e Paulo Sant'Anna e Castro.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar alguns parâmetros físicos e hidrológicos de uma microbacia, de modo que as informações aqui obtidas possam contribuir para os planos de manejo e de conservação do solo e da água na região da Zona da Mata de Minas Gerais, garantindo o armazenamento e o abastecimento de água, haja vista que a situação conservacionista das bacias hidrográficas dessa região, especialmente a do ribeirão São Bartolomeu, está deficiente, comprometendo o abastecimento de água. Portanto foram avaliados, na microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, os índices fisiográficos, a distribuição dos solos na paisagem, bem como suas características físico-químicas e a distribuição das chuvas e seu efeito no deflúvio, com ênfase no manejo para infiltração e armazenamento de água. A microbacia da Rua Nova, devido ao seu tamanho, à representatividade morfológica da região e à facilidade de controle das interferências antrópicas, mostrou-se uma área de grande valia para estudos de planejamento de recuperação ambiental. Foi possível verificar que sua

fisiografia, aliada à morfologia e ao uso do solo, está influenciando o escoamento superficial. Sua forma é alongada e não está muito sujeita a enchentes. Apesar da riqueza de drenagem, os aquíferos não estão sendo devidamente abastecidos, uma vez que nem todas as nascentes apresentaram fluxo perene. A altitude média na área é de 763,23 m e a declividade média encontrada de 24,23°, o que condiz com o relevo forte ondulado da região. Estes fatores interferem na opção agrícola do agricultor, além do fato de a declividade também estar associada ao aumento na velocidade de escoamento superficial. Nos topos de morro e nas vertentes íngremes, a cobertura vegetal escassa, pela pobreza química dos solos, e o intenso pastoreio estão contribuindo para diminuir a resistência do solo à erosão. Na porção côncava do relevo e no fundo de vale predomina a classe de solo Argissolo, enquanto nas porções convexas e íngremes utilizadas para pastagem predominam os Cambissolos, porém nesta mesma porção do relevo coberta com capoeira a classe predominante é a latossólica. A porção topo de morro ocupada por mata apresentou características de Latossolo Vermelho-Amarelo, e nesta mesma porção ocupada por pastagem o solo apresentou características de Latossolo Vermelho. A fração silte apresentou teor mais elevado nas porções íngremes ocupadas por pastagens, indicando a necessidade da proteção do solo nesses ambientes, devido à sua instabilidade e suscetibilidade à erosão. A pressão de pastejo também está adensando os horizontes, prejudicando a infiltração de água no perfil do solo. Em geral, os solos apresentaram baixa fertilidade, principalmente os solos das porções mais elevadas. O volume das chuvas coletadas no período experimental foi de 946,7 mm, com períodos secos e chuvosos distintos e ocorrência de um veranico. Nos períodos chuvosos o escoamento superficial foi maior, devido à reduzida capacidade de infiltração, causada pelo alto teor de umidade antecedente no solo e pelo estado de conservação dos solos, que não estão favorecendo a infiltração de água.

## ABSTRACT

ROMANOVSKI, ZILDA, M.S., UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, MAY 2001. **MORFOLOGIA E ASPECTOS HIDROLÓGICOS DA MICROBACIA DA RUA NOVA, VIÇOSA, MG, PARA FINS DE MANEJO (MORPHOLOGY AND HYDROLOGIC ASPECTS OF THE MICROBASIN OF RUA NOVA, VIÇOSA-MG, WITH THE PURPOSE OF HANDLING)**. ADVISER: GUIDO ASSUNÇÃO RIBEIRO. COMMITTEE MEMBERS: JOÃO LUIZ LANI AND PAULO SANT'ANNA AND CASTRO.

THE OBJECTIVE OF THE PRESENT WORK WAS TO CHARACTERIZE SOME PHYSICAL AND HYDROLOGICAL PARAMETERS OF A SMALL WATERSHED, SO THAT THE INFORMATION ACHIEVED MAY CONTRIBUTE FOR THE PLANS OF SOIL AND WATER MANAGEMENT AND CONSERVATION IN THE ZONA DA MATA REGION, IN MINAS GERAIS, IN A WAY TO PROVIDE WATER STORAGE AND SUPPLY. IT IS IMPORTANT DUE TO THE CONSERVATION STATUS OF THE HYDROGRAPHIC WATERSHEDS OF THE REGION, ESPECIALLY THE ONE OF THE SÃO BARTOLOMEU RIVER, WHICH IS FAULTY, THUS HINDERING THE WATER PROVISIONING. IT WAS MADE, IN THE MICROBASIN OF RUA NOVA, VIÇOSA, MG, AN EVALUATION OF THE PHYSIOGRAPHIC INDICES, SOIL DISTRIBUTION IN THE LANDSCAPE AND ITS PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS, AS WELL AS OF

THE RAINFALL DISTRIBUTION AND ITS EFFECT ON THE WATER DISCHARGE, FOCUSING THE MANGEMENT FOR WATER INFILTRATION AND STORAGE. THE SMALL WATERSHED OF RUA NOVA TURNED OUT TO BE A VERY VALUABLE AREA FOR PLANNING AND STUDYING ENVIRONMENTAL RECOVERY DUE TO ITS SIZE, THE MORPHOLOGICAL IMPORTANCE OF THE REGION AND THE EASY CONTROL OF THE ANTHROPICS INTERFERENCE. IT WAS POSSIBLE TO VERIFY THAT THE PHYSIOGRAPHY, COMBINED TO THE MORPHOLOGY AND SOIL USE, INFLUENCES THE RUNNOF. IT HAS A PROLONGED SHAPE AND IS NOT EASILY SUBJECT TO FLOODS. IN SPITE OF ITS RICH DRAINAGE, THE AQUIFERS ARE NOT PROPERLY SUPPLIED, SINCE NOT ALL OF THE STREAMFLOW PRESENTED A PERENNIAL FLUX. THE AVERAGE ALTITUDE OF THE AREA WAS 763,23M AND THE AVERAGE DECLIVITY WAS 24,23<sup>0</sup>, DUE TO THE GEOGRAPHIC FEATURES OF THE REGION, WHICH INTERFERE IN AGRICULTURE. BESIDES, THE DECLIVITY IS ALSO ASSOCIATED TO THE INCREASE OF THE RUNNOF FLUX VELOCITY. ON THE TOP OF THE HILLS AND ON THE STEEP SLOPES, THE SCARCE GREEN COVER RESULTING FROM THE SOIL CHEMICAL POVERTY AND INTENSE PASTURING CONTRIBUTE TO DECREASE THE SOIL RESISTANCE TO EROSION. IN THE CONCAVE PORTION OF THE LANDSCAPE AND ON THE BOTTOM OF THE VALLEY, THE KIND OF SOIL ARGISSOLO PREVAILED. IN THE CONVEX AND STEEP AREAS USED FOR PASTURING, THE CAMBISSOLOS PREVAILED. HOWEVER, IN THAT VERY RELIEF PORTION WHICH WAS COVERED WITH BRUSHWOOD, THE PREVAILING CLASS WAS LATOSSÓLICA. THE TOP OF THE HILL PORTION COVERED WITH WOODS PRESENTED CHARACTERISTICS OF RED-YELLOW-LATOSSOLO AND, IN THAT SAME PORTION COVERED WITH PASTURE, THE SOIL PRESENTED CHARACTERISTICS OF RED-LATOSSOLO. THE FRACTION SILTE PRESENTED A HIGHER LEVEL IN THE STEEP PORTIONS COVERED WITH PASTURE, WHICH INDICATES THE NEED OF SOIL PROTECTION IN THOSE ENVIRONMENTS, DUE TO INSTABILITY AND LACK OF RESISTANCE TO EROSION. THE PASTURE PRESSURE IS ALSO GIVING MORE DENSITY

TO HORIZONS, WHICH HINDERS WATER INFILTRATION IN THE SOIL PROFILE. IN GENERAL, THE SOILS PRESENTED LOW FERTILITY, MAINLY THE SOILS OF THE HIGHER AREAS. THE VOLUME OF RAIN COLLECTED IN THE EXPERIMENTAL PERIOD WAS 946, 7MM, WITH DISTINCT DRY AND RAINY PERIODS AND THE OCCURRENCE OF A WATER DISCHARGE. IN THE RAINY PERIODS, THE SUPERFICIAL FLUX WAS GREATER, DUE TO THE REDUCED INFILTRATION CAPACITY CAUSED BY THE HIGH LEVEL OF HUMIDITY IN THE SOIL AND THE POOR SOIL CONSERVATION, WHICH DO NOT FAVOR THE WATER INFILTRATION IN THE SOIL.

## 1. INTRODUÇÃO

A ÁGUA É UM RECURSO NATURAL RENOVÁVEL, MAS QUE PODE VIR A SE ESGOTAR, CASO SEU USO SEJA MAL MANEJADO; ESTA CERTEZA COLOCOU A MAIORIA DOS PAÍSES EM ALERTA. FUNDAMENTAL À VIDA, O VALOR DA ÁGUA PODE SER AVALIADO PELOS MÚLTIPLOS USOS A QUE SE DESTINA.

A disponibilidade de água potável está comprometida em diversas regiões do Planeta. Estima-se que 10 milhões de pessoas não têm acesso à ela. Tal fato não se deve somente ao aumento da demanda, mas principalmente à sua degradação, causada pelo mau uso, tanto dos mananciais como do próprio curso d'água.

No Brasil, criou-se a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, considerada uma das mais modernas do mundo, que apresenta uma forma coerente, descentralizada e eficiente de gerenciar o recurso água. No ano 2000 foi criada a Agência Nacional de Águas - ANA, regulamentada pela Lei nº 9.984, que tem entre suas atribuições a implementação das disposições da lei e a fiscalização de seu cumprimento.

Os recursos hídricos disponíveis no Brasil são abundantes, mas nem sempre bem distribuídos ou bem utilizados. Em Minas Gerais esta situação se evidencia: em regiões como o Vale do Mucuri e o Vale do Jequitinhonha observa-se seca periódica, enquanto na microrregião de Muriaé, na Zona da Mata, a água está presente de forma abundante.

Na Zona da Mata, em especial na cidade de Viçosa, a disponibilidade de água é também motivo de preocupação.

Segundo o relatório do Serviço Autônomo de Água e Esgoto-SAAE (1994), a cidade de Viçosa oferece água encanada desde 1915, quando a captação era feita nos mananciais de São Benedito e Conceição, hoje praticamente secos. Com o crescimento da população, que em meados deste século passou de 3 mil para 12 mil habitantes, associado à falta de estudos e de investimentos na área hidrológica, iniciou-se o déficit hídrico na cidade.

A década de 70 foi muito importante, marcada com muitas obras e melhorias. Em 1970 a cidade contava com aproximadamente 28 mil habitantes, e em 1971 foi inaugurado o primeiro sistema completo de captação, tratamento e distribuição de água (ETA 1), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa, passando a ser fluoretada já em 1973.

Em 1974, realizou-se um amplo levantamento topográfico para construção de novas redes de água e esgoto. Naquela época, o serviço de água era capaz de suprir as necessidades de uma população de 50 mil habitantes. Na década de 80 a população se aproximava de 42 mil habitantes, e percebeu-se que, em pouco tempo, o sistema ETA 1 não suportaria a demanda de água, ao mesmo tempo em que se verificou uma redução progressiva na vazão do ribeirão São Bartolomeu, em função do uso inadequado de sua bacia. Este fato, além de afetar a disponibilidade de água, afetou também a regularização dos mananciais.

No final da década de 80, houve falta de água nos meses secos. Esse fato foi decisivo para que o SAAE iniciasse a construção do sistema ETA 2, já em 1990, e o inaugurasse em 1992, com a captação de água no rio Turvo. Juntas, as duas estações podem suprir a necessidade de água de uma população de 100 mil habitantes, número estimado de habitantes para Viçosa no ano 2012.

APESAR DA CAPACIDADE INSTALADA, PARA UM FUTURO PRÓXIMO A SITUAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE VIÇOSA É PREOCUPANTE, POIS MESMO COM O PLANEJAMENTO E A CONCRETIZAÇÃO DE PROJETOS QUE VISAM A OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA A CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES E A ECONOMIA NO CONSUMO NÃO TÊM SIDO EFICAZES A PONTO DE FREAR A DEMANDA E A PROGRESSIVA REDUÇÃO DA VAZÃO DOS MANANCIAIS.

Atualmente, as nascentes do ribeirão São Bartolomeu têm apresentado vazões cada vez mais irregulares. A maioria delas se encontra em áreas degradadas, invadidas por plantas freatófitas, ou é acessível ao gado. Esse quadro é alarmante, pois, segundo CASTRO (1997), partindo do pressuposto de que cada curso d'água tem a sua nascente, o número de cursos d'água de uma bacia define, também, o número de nascentes. Diminuir o número de nascentes significa diminuir o número de cursos d'água e, conseqüentemente, reduzir a vazão total da bacia.

EM VIRTUDE DESSA SITUAÇÃO, FAZ-SE NECESSÁRIO APRIMORAR OS ESTUDOS SOBRE AS CONDIÇÕES DAS NASCENTES, A SUA CARACTERIZAÇÃO QUANTO À CLASSE EM FUNÇÃO DA VAZÃO, A OCORRÊNCIA DE COBERTURA VEGETAL E O TIPO DE SOLO. ESSES DADOS, ASSOCIADOS AOS DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS DA REGIÃO, SÃO FERRAMENTAS FUNDAMENTAIS PARA A TOMADA DE DECISÃO QUE POSSIBILITE O USO INTEGRADO DA BACIA HIDROGRÁFICA AO MANEJO, ADEQUADO E EMBASADO CIENTIFICAMENTE, NO CASO DAS NASCENTES, CONCILIANDO A CONSERVAÇÃO DOS MANANCIAIS COM O CONTÍNUO DESENVOLVIMENTO DA CIDADE.

ESTE TRABALHO TEVE COMO OBJETIVO CARACTERIZAR ALGUNS PARÂMETROS FÍSICOS E HIDROLÓGICOS DE UMA MICROBACIA, DE FORMA QUE ESTAS INFORMAÇÕES REPRESENTATIVAS PARA A REGIÃO POSSAM CONTRIBUIR PARA OS PLANOS DE MANEJO E DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, GARANTINDO O ARMAZENAMENTO E O ABASTECIMENTO DE ÁGUA.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**



## 2.1. Gerenciamento integrado dos recursos hídricos

Nos dias de hoje, a oferta de água potável é inversamente proporcional ao aumento da população mundial, devido à ocupação desordenada da paisagem e a projetos governamentais equivocados, que não levam em conta o manejo de bacias hidrográficas, fundamental para a conservação dos recursos hídricos de uma região. A tendência é de que o gerenciamento dos recursos hídricos, na forma do manejo de bacias hidrográficas, por exemplo, se torne mais uma questão estratégica para todos os governos, no âmbito federal, estadual e municipal. Sendo assim, é imprescindível o estudo dos possíveis impactos sobre os recursos hídricos ocorrentes da ocupação territorial desordenada (BITTENCOURT, 2000).

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos, entre outras ações, têm como principais preocupações minimizar os impactos do uso do solo e eliminar, por meio da educação, o descaso com o recurso água. A equipe de planejamento e de execução, imprescindivelmente, precisa ser multidisciplinar, de forma que a bacia urbana e a rural sejam tratadas concomitantemente.

A falta de planejamento na utilização dos recursos naturais faz com que o uso de técnicas inadequadas acabe gerando um ciclo de conseqüências negativas. Entre elas estão a má conservação do solo e da água, a erosão, o déficit hídrico, a baixa produtividade e as perdas econômicas e ambientais.

O PLANEJAMENTO DE UMA MICROBACIA TEM COMO OBJETIVOS A CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA, A PROTEÇÃO DA FAUNA, A MANUTENÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA, A MANUTENÇÃO OU RESTAURAÇÃO DO EQUILÍBRIO DOS ECOSISTEMAS EXISTENTES E A MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA DA POPULAÇÃO RURAL QUE DELA DEPENDE (TRISTÃO, 1993).

O manejo de microbacias consiste na elaboração e aplicação de diagnósticos físico-conservacionista, socioeconômico, ambiental, hídrico, edáfico, botânico e faunístico, para identificar todos os problemas da bacia e propor soluções compatíveis com cada situação (ROCHA, 1997). Estes

estudos podem ser demorados, portanto a reunião de um grupo de estudos multidisciplinar é a forma mais rápida e objetiva de obter tais informações.

Segundo CASTRO (2000), muitos trabalhos de conservação do solo e da água foram realizados no Brasil, mas a maioria em pequenas propriedades. Chegou o momento de estender as ações para toda uma bacia hidrográfica, pois é muito importante integrar as ações das porções urbanas e rurais das bacias, para benefício de todos.

## **2.2. Bacia hidrográfica**

A bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes e pelos cursos d'água que confluem, até formarem um canal principal, sendo esta a rede de drenagem da bacia. As vertentes, ao receberem a precipitação e transmitirem uma fração dela para os canais, podem ser consideradas "fontes produtoras" do deflúvio. Já a rede de drenagem responderia pela função de transportar a água proveniente das vertentes até a seção de saída da bacia hidrográfica (TUCCI, 1993).

As bacias hidrográficas são uma unidade natural de estudo, por emoldurarem, num conjunto único, os fenômenos que ocorrem no seu interior (REZENDE e RESENDE, 1996). Portanto, segundo CASTRO (1980), ela passou a ser o centro de ação e de estudos dos cientistas, para conservação em termos quantitativos e qualitativos da água.

Apresentando um ciclo hidrológico próprio, regido por fatores climáticos, pedológicos, geológicos, topográficos e vegetativos específicos (RESCK e GOMES, 1995), as bacias hidrográficas também constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, que permitem testar efeitos do uso da terra nos ecossistemas. O planejamento do uso da terra deve basear-se no conhecimento científico dos recursos existentes na bacia hidrográfica e nas suas inter-relações (CASTRO, 1980).

O tamanho de uma bacia pode variar de centenas de metros quadrados até milhares de quilômetros quadrados. As características físicas da bacia hidrográfica, como área, forma, tipo e densidade da rede de drenagem, geologia, topologia, solos e uso do solo, irão determinar a

resposta hidrológica (na forma de vazão) desta bacia a qualquer evento chuvoso.

O estudo do regime hidrológico de uma bacia é fundamental para que se conheça a disponibilidade real de água nos mananciais e no solo em geral, assim como o risco de enchentes. Desta forma, é possível traçar metas para o correto gerenciamento da bacia em questão. Uma das questões que se apresentam neste contexto é a real importância da cobertura vegetal como fator regulador do balanço hidrológico de uma bacia. É preciso saber sob que circunstâncias a diminuição da cobertura vegetal natural pode acarretar realmente alterações no equilíbrio hidrológico de uma bacia hidrográfica (BITTENCOURT, 2000).

### **2.3. Ciclo hidrológico**

O ciclo hidrológico é o fenômeno global da circulação, do comportamento e da ocorrência da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, incluindo todos os prováveis processos hidrológicos, que variam muito de região para região, sendo o principal objeto de estudo da hidrologia.

O ciclo hidrológico é impulsionado principalmente pela energia solar, associada à gravidade e à rotação terrestre. Especialmente, o ciclo hidrológico apresenta as fases atmosférica e terrestre, cada uma incluindo o armazenamento temporário da água e seu transporte, com mudanças ou não no estado físico da água. Em nível de bacia hidrográfica, o ciclo hidrológico deve ser considerado um ciclo aberto, porque do total de água recebida por uma bacia (por meio de precipitações, por exemplo) parte sairá na forma de escoamento pelo canal principal ou será evaporada para a atmosfera (LIMA, 1986).

Os processos hidrológicos são, de acordo com BITTENCOURT (2000), todas as formas de circulação da água no ambiente, que é formado pela superfície terrestre e pela atmosfera. Os principais processos hidrológicos são: precipitação, interceptação, escoamento superficial, escoamento subsuperficial, infiltração, percolação, escoamento de base, evapotranspiração, deflúvio e vazão.

### **2.3.1. Precipitação**

A precipitação é definida como toda a água, na forma líquida ou sólida, que cai da atmosfera em direção ao solo. Os principais tipos de precipitação são a chuva, a garoa, a neve e o granizo. Para estudos hidrológicos no Brasil, a chuva, ou precipitação pluvial, é evidentemente o tipo mais importante (PINTO et al., 1996).

Em escala macroscópica, a precipitação pluvial se origina de nuvens formadas pelo resfriamento de uma massa de ar, ocasionado pela sua expansão ao se elevar na atmosfera. Basicamente existem três mecanismos de elevação da massa de ar: o convectivo, o frontal e o orográfico, dando origem às chuvas convectivas, às frontais e às orográficas. A precipitação convectiva geralmente é de pequena duração e de grande intensidade, atingindo pequenas áreas. É a precipitação que causa as vazões críticas para o dimensionamento dos projetos em pequenas bacias (PINTO et al., 1996).

A quantidade de precipitação que incide em uma bacia durante o ano é um dado determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação e a disponibilidade de água para o abastecimento doméstico e industrial. Em razão de sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia (BERTONI e TUCCI, 1993).

A precipitação é caracterizada pela sua intensidade, duração e frequência. No que se refere à erosão dos solos, a intensidade é o fator mais importante, pois quanto maior a intensidade da chuva, maior a perda de terra por erosão. Quando a intensidade da chuva é maior que a capacidade de infiltração do solo, ocorre, inicialmente, a retenção nas depressões da superfície, seguida do escoamento superficial. A frequência das chuvas é uma característica que também influi nas perdas por erosão. Se os intervalos entre elas são curtos, o teor de umidade no solo é alto e,

conseqüentemente, as enxurradas são mais volumosas, mesmo com chuvas de menor intensidade (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Existe uma correlação entre as quantidades de chuva e de solo erodido. Entretanto essa correlação é baixa, pois uma mesma quantidade de chuva pode, em diferentes ocasiões, resultar em distintas quantidades de perda de solo. A intensidade de chuva é o parâmetro pluviométrico que exerce maior influência sobre a erosão dos solos (HUDASON, 1971).

Para medir a precipitação são utilizados os pluviômetros ou os pluviógrafos, que são coletores fixos com área de coleta conhecida. Estes aparelhos medem a quantidade total de água em um dado período de tempo, ou registram (tambor com papel registrador acionado por mecanismo de relojoaria), por um processo de peso, comunicando a um marcador mecânico (caneta) ou a um bico de jato de tinta cada vez que um pequeno copo é preenchido e esvaziado num movimento alternado para frente (copo cheio) e para trás (copo vazio). Neste tipo, um sifão é usado para esvaziar temporariamente o reservatório (SOARES, 2000).

De acordo com a Organização Mundial de Meteorologia, podem ocorrer erros ao se fazer a coleta, como o erro instrumental ligado à projeção do instrumento e o erro amostral relacionado a como localizar a rede de coletores em uma área com limite razoável de precisão.

Em florestas, por exemplo, medições em clareiras devem ser feitas de tal modo que as árvores se situem abaixo da linha de visada de 45° em relação ao pluviógrafo. Medidas acima das copas das árvores têm efeito de turbulência, por causa do vento, e em clareiras muito pequenas surge o efeito do afunilamento do vento e da coleta de gotas procedentes de árvores próximas, aumentando artificialmente a precipitação (SOARES, 2000).

### **2.3.2. Interceptação**

É o processo pelo qual a água da chuva é temporariamente retida pela vegetação. A cobertura florestal atua como uma barreira para a precipitação, ao impedir que uma porcentagem das gotas de chuva atinja o solo.

O estoque interceptado é a quantidade de água retida por tecidos vivos e não-vivos de plantas (SOARES, 2000), principalmente pelo dossel, pela cobertura do solo e pelo fluxo no tronco. A perda total por interceptação é a fração total evaporada da água, retida por material vivo e morto de plantas.

Após ser interceptada, a água toma dois caminhos: atinge o solo por respingamento e escoamento pelo tronco, ou é evaporada. Porém, esta perda com a evaporação pode se tornar importante em regiões com pouca pluviosidade.

Conforme o tipo de floresta e o regime de chuvas, pode haver uma redução de até 25% no total de precipitação anual que chegaria ao solo se, este estivesse descoberto (Linsley et al., 1949, citados por LIMA, 1986).

A interceptação depende da intensidade da chuva, da densidade da cobertura vegetal e do intervalo entre precipitações. Os fatores que afetam a disponibilidade de água no processo de interceptação são: os aspectos da vegetação, ou seja, índice de área foliar, liteira, variações sazonais, natureza da superfície (rugosidade, repelência, absorvidade da liteira, arranjo das folhas e galhos); e os aspectos meteorológicos, como número e intervalo entre eventos de precipitação, intensidade da chuva e velocidade do vento durante e após a chuva (SOARES, 2000).

### **2.3.3. Escoamento superficial**

É a fração da chuva que não se infiltra no solo, a partir do momento em que a camada superficial do solo está completamente saturada e a transmissão de água para as camadas inferiores é muito baixa ou praticamente nula, devido a algum processo de impermeabilização da superfície do solo. Essa água vai escoando primeiramente por filetes, depois formando uma microrrede de drenagem efêmera, que leva a água ao canal mais próximo (TUCCI, 1993).

Em áreas cujo solo está protegido pela vegetação, parte da chuva é interceptada, porém onde o solo está nu as gotas de chuva, ao se chocarem com o solo, provocam a desintegração de seus agregados. Este processo

pode obstruir os poros e provocar o selamento superficial, reduzindo a capacidade de infiltração (PRUSKI e SILVA, 1997).

Atingido o tempo de empoçamento, o escoamento se inicia e tende a carregar partículas do solo, ocasionando erosão. Além do grande volume de terra que é perdida anualmente pela erosão, são perdidos também nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas, o que causa prejuízo ao produtor e ao meio ambiente, pois o material lixiviado pode poluir os mananciais próximos (PRUSKI e SILVA, 1997).

É importante citar que a precipitação no canal, que é a fração da chuva que cai diretamente no canal de drenagem da bacia, também é considerada escoamento superficial por SOARES (2000). Para o autor, a fração da vazão derivada da precipitação que não infiltra na superfície mineral do solo (correndo sobre a superfície para o canal mais próximo, sem infiltração alguma) é denominado escoamento lateral do solo.

Normalmente, a área que recebe precipitação no canal corresponde a 1% da área total da bacia. Talvez seja por esta razão que ela não é levada em consideração por grande parte dos autores. Entretanto, em caso de períodos prolongados de chuva, a área que recebe a precipitação diretamente pode chegar a ser considerável, devido à expansão do canal principal para dentro de canais intermitentes e efêmeros da bacia. A quantificação deste segmento do ciclo é considerada de fundamental importância para projetos de engenharia, uma vez que tais obras devem ser dimensionadas de modo a suportar as vazões máximas decorrentes do escoamento (SOARES, 2000).

O escoamento superficial pode ser influenciado por vários fatores, alguns controláveis e outros não, sendo importante conhecê-los para tornar possível a tomada de decisão para ações preventivas e corretivas, quando necessário (PRUSKI et al., 1997).

Dentre os fatores não-controláveis, PRUSKI et al. (1997) citam a intensidade e a duração da precipitação (as pequenas durações estão relacionadas com as maiores intensidades, gerando maior escoamento); a evapotranspiração (quanto maior for a evapotranspiração, menor será o escoamento); os índices fisiográficos: área, forma e declividade da bacia (quanto maior a área e a declividade, maior será a vazão máxima de

escoamento superficial, e bacias de forma circular concentram o escoamento mais rapidamente); a topografia (interfere na velocidade e na capacidade de armazenamento da água); e a rede de drenagem (grande densidade de drenagem permite uma rápida concentração de escoamento superficial).

Os fatores controláveis são aqueles cuja ação antrópica pode alterar as condições de escoamento, por exemplo: a cobertura e as condições do uso do solo (influenciam a interceptação e a infiltração da água); o tipo e o preparo do solo (interfere na velocidade de infiltração e na capacidade de retenção); e as obras hidráulicas (obras de drenagem aumentam a velocidade de escoamento, e obras de contenção reduzem a vazão máxima da bacia).

Segundo CHORLEY (1979), existem zonas mais sujeitas a ocorrências de escoamento superficial do que o resto da bacia hidrográfica: a) as zonas marginais aos cursos d'água, onde as condições de umidade das camadas superficiais do solo geralmente são maiores do que nas áreas mais altas e onde pode ocorrer o processo de expansão lateral da rede de drenagem; b) depressões do terreno, que tendem a acumular água, atingindo mais rapidamente o estado de saturação; e c) as áreas com solos rasos. A magnitude desta expansão será condicionada não só pelas condições antecedentes de umidade nessas áreas, mas também pelas características de perfil do solo (como condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento de água).

Encostas providas de solos rasos e com vegetação esparsa são os locais mais propensos a apresentar escoamento superficial. No entanto, este fenômeno é mais raro ou menos intenso em encostas com cobertura vegetal representativa e solos mais profundos, pois esses apresentam melhores condições para infiltração.

Referindo-se ao escoamento superficial produzido pela precipitação, DUBREUIL (1985) relacionou esse processo às características do solo (profundidade, textura, estrutura e unidade), às características da vegetação, aos fatores fisiográficos (área, forma, declividade, densidade de drenagem da bacia etc.) e aos fatores climáticos (intensidade, duração e volume de chuva). O autor ressaltou que, de todos esses fatores, a intensidade de



chuva, a declividade e a condição do solo são os mais importantes, sendo os dois primeiros os que mais se correlacionam com o escoamento direto.

Segundo VILLELA e MATTOS (1977), a intensidade e a duração da precipitação destacam-se dentre os fatores climáticos, pois quanto maior a intensidade e a duração da chuva, mais rapidamente o solo se satura, provocando o escoamento superficial. Não se deve, entretanto, desconsiderar a precipitação antecedente, pois uma chuva que ocorre sobre um solo já úmido tem a maior parte de seu volume escoando diretamente para os cursos d'água.

Segundo HEWLETT e DOSS (1984), a água da chuva atual, precipitada em zonas de declividade, causa o deslocamento da água infiltrada de chuvas anteriores para a base de vertente. Com isso, tem-se a elevação do limite da zona de saturação com a subida do lençol, criando uma pressão que deslocará a água do solo para o escoamento de base. Após esse processo, a contribuição do escoamento direto para o deflúvio será maior, até o fim da precipitação.

#### **2.3.4. Escoamento subsuperficial**

Escoamento subsuperficial é o fluxo de água através da matriz do solo, no sentido paralelo à declividade. O escoamento subsuperficial pode ocorrer em meio saturado, quando o perfil do solo já atingiu sua capacidade de campo, ou em meio insaturado, quando a água se movimenta devido às forças de capilaridade (BITTENCOURT, 2000).

Portanto, pode-se também conceituar o escoamento subsuperficial como a parte da vazão do canal que vem de fontes subsuperficiais, mas que atinge o canal tão rapidamente que compõe a hidrógrafa causada por dado evento de chuva. Porém, existe uma incerteza na separação entre fluxo de base e fluxo subsuperficial, devendo ser ressaltado que o maior componente da vazão derivada de chuva em áreas de florestas começa com o fluxo subsuperficial (SOARES, 2000).

O escoamento subsuperficial é normalmente gerado pela descontínua diminuição da condutividade hidráulica do solo com o aumento

da profundidade, associado a condições favoráveis de umidade antecedente e intensidade de chuva. Portanto, pode ocorrer que uma ou mais camadas se tornem saturadas e favoreçam o escoamento subsuperficial, devido ao impedimento da percolação (CHORLEY, 1979).

Será importante para o fluxo do escoamento subsuperficial aquele solo cujas camadas apresentam características de maior permeabilidade. Em seguida, a camada que mais vai contribuir é aquela que possui a segunda maior permeabilidade, e assim por diante. Já em um solo sem camadas bem definidas, a permeabilidade saturada deve diminuir continuamente com a profundidade (WHIPKEY e KIRKBY, 1979).

SKLASH e FARVELDEN (1979) observaram que os mesoporos e os macroporos são efetivos em conduzir o escoamento subsuperficial. HEWLETT et al. (1969) definiram essa efetividade como o primeiro requerimento do processo, que passa, posteriormente, a depender do volume, da duração e da intensidade da chuva.

WISLLER e BRATER (1964) sugeriram que em bacias florestadas o fluxo subsuperficial, associado ao escoamento subterrâneo nas áreas contíguas aos cursos d'água, poderia responder pela maior parte do pico de hidrograma, posição esta também defendida por Roessel (1950) e Fletcher (1952), ambos citados por CHORLEY (1979).

Em relação às taxas de escoamento subsuperficial e à sua participação no hidrograma, os solos de maior condutividade hidráulica saturada são aqueles que apresentarão maiores taxas relativas desse tipo de escoamento. Já em solos de baixa condutividade saturada, principalmente em encostas côncavas, o escoamento subsuperficial será facilmente superado pelo escoamento superficial por saturação (FREEZE, 1972).

A magnitude do escoamento subsuperficial, em relação à água que se infiltra no solo, vai depender da permeabilidade absoluta de cada solo e da permeabilidade relativa entre as camadas (WHIPKEY e KIRKBY, 1979).

### **2.3.5. Escoamento de base**

É o efluxo de água dos aquíferos subterrâneos (regularmente alimentados pela percolação de água no regolito) para o canal. Em áreas de floresta de terra firme e bem drenadas, aproximadamente 85% do volume de água recebido pela drenagem é escoamento básico (SOARES, 2000).

O manejo conservacionista da bacia hidrográfica irá garantir a harmonia dos processos hidrológicos, a otimização dos processos de infiltração e, conseqüentemente, o abastecimento dos lençóis de água, permitindo manter perene este tipo de escoamento.

Após um evento chuvoso e finalizados os processos de escoamento superficial e subsuperficial, a umidade restante no solo tende a se redistribuir em uma encosta. A parte mais alta da encosta começa rapidamente a “dessaturar”, ou seja, vai transmitindo umidade para as partes mais baixas da encosta, até atingir um estado de equilíbrio (BITTENCOURT, 2000).

Ao longo desse processo, as partes mais baixas vão recebendo umidade, atingindo um conteúdo estável próximo à saturação (Hewlett e Hibbert, 1963, citados por KNAPP, 1979). Nas concavidades da base de uma encosta as condições são geralmente de saturação permanente ou próximo a isso, uma vez que esses locais recebem mais umidade do que transmitem (KNAPP, 1979). Essa baixa transmissividade está, inclusive, associada à estrutura do solo, normalmente em blocos (LANI, 2001).

As nascentes são aberturas naturais na superfície do terreno, de onde escoam as águas subterrâneas. É a descarga de um aquífero, que pode ser tanto freático quanto artesiano (CASTRO, 1997). Logo, as nascentes são formas de afloramento à superfície do escoamento de base. Essa descarga de água independe das condições da superfície do terreno onde a nascente se encontra, que poderá ser em terra, em um rio ou no mar. Porém, segundo o autor, a literatura deixa implícito que deve ocorrer fluxo de água perceptível.

### **2.3.6. Infiltração**

A infiltração é um dos componentes do ciclo hidrológico cuja preservação é essencial para a manutenção do armazenamento da água na bacia e, conseqüentemente, para manter a perenicidade das nascentes.

Para LIBARDI e REICHARDT (1974), a infiltração da água na superfície terrestre é um fenômeno que apresenta importância cada vez maior, pois dela depende a disponibilidade de água para o crescimento vegetal e, conseqüentemente, para a produção agrícola.

QUANDO O OBJETIVO É ABASTECER O LENÇOL FREÁTICO COM ÁGUAS DA CHUVA, POR EXEMPLO, FAZ-SE NECESSÁRIO CONHECER OS MECANISMOS QUE OTIMIZEM A INFILTRAÇÃO. NO DIMENSIONAMENTO E MANEJO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO, O COMPORTAMENTO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO É DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA. EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO, POR EXEMPLO, A INTENSIDADE MÁXIMA DE APLICAÇÃO DE ÁGUA PELOS ASPERSORES É LIMITADA POR ESSE PROCESSO FÍSICO.

A infiltração é o processo pelo qual a água no estado líquido penetra no solo, podendo este fenômeno ser observado fisicamente. Tal processo é um exemplo típico de regime transiente. Após um determinado período de infiltração em um perfil de solo uniforme, a distribuição da umidade com a profundidade pode ser caracterizada pelas seguintes zonas: zona saturada, zona de transição, zona de transmissão, zona de molhamento e frente de molhamento (PRUSKI et al., 1997; PREVEDELLO, 1998).

À MEDIDA QUE A ÁGUA INFILTRA PELA SUPERFÍCIE, AS CAMADAS DO SOLO VÃO SE UMEDECENDO DE CIMA PARA BAIXO, ALTERANDO GRADATIVAMENTE O PERFIL DE UMIDADE. ENQUANTO HÁ APORTE DE ÁGUA, O PERFIL DE UMIDADE TENDE À SATURAÇÃO EM TODA A PROFUNDIDADE, SENDO A SUPERFÍCIE, NATURALMENTE, O PRIMEIRO NÍVEL A SATURAR. NORMALMENTE, A INFILTRAÇÃO DECORRENTE DE PRECIPITAÇÕES NATURAIS NÃO É CAPAZ DE SATURAR TODO O SOLO, RESTRINGINDO-SE A SATURAR, QUANDO CONSEGUE, APENAS AS CAMADAS PRÓXIMAS À SUPERFÍCIE, CONFORMANDO UM PERFIL TÍPICO ONDE O TEOR DE UMIDADE DECRESCER COM A PROFUNDIDADE (BITTENCOURT, 2000).

Quando o aporte de água à superfície cessa, a umidade se redistribui no interior do solo, em direção a um perfil inverso de umidade, com menores teores de umidade próximo à superfície e maiores nas camadas mais profundas. Porém, nem toda umidade é drenada para as camadas mais profundas do solo, pois parte é transferida para a atmosfera por evapotranspiração. A zona de saturação, que normalmente é encontrada nas camadas inferiores do solo, exerce influência significativa no fenômeno da infiltração apenas quando se situa a pouca profundidade (BITTENCOURT, 2000).

A infiltração é um processo dinâmico que não depende apenas de condições iniciais do solo, como porosidade, grau de cobertura, umidade antecedente e permeabilidade de horizontes subsuperficiais. Depende também de processos dinâmicos que ocorrem durante o fenômeno, como selamento superficial, gerado pelo impacto das gotas da chuva, e redução de potencial mátrico do perfil do solo, causada pelo avanço da frente de molhamento (CHOW et al., 1988).

Os fatores que afetam a infiltração de água são relacionados a características de solo, ao seu manejo e ao ambiente, como características de chuva, umidade antecedente à chuva, histórico de uso, cobertura vegetal e resíduos culturais, atividade biológica, rugosidade superficial, declividade e forma de paisagem, entre outros (REICHERT et al., 1992).

O fim do processo de infiltração é determinado após o término da precipitação ou irrigação, assim como da reserva de água na superfície do solo, o que não implica inexistência de movimento de água no interior do solo. A camada superior do solo que foi quase ou totalmente saturada durante a infiltração não retém a totalidade da água, dando lugar a um movimento descendente em resposta aos gradientes gravitacional e de pressão. Esse movimento de água no perfil do solo, após cessada a infiltração, é denominado drenagem, percolação ou redistribuição interna (PREVEDELLO, 1996; TUCCI, 2000).

### **2.3.7. Evapotranspiração**

É a liberação de água para a atmosfera por parte da evaporação do solo e da transpiração das plantas. As condições necessárias para sustentar a evaporação são a energia e a disponibilidade de água.

A topografia e a elevação do sol afetam a disponibilidade de energia. A radiação solar (teórica) varia ao longo do ano para encostas de diferentes orientações (hemisfério norte, mostrando grandes diferenças no inverno). A difusão de radiação por nuvens tende a reduzir essas diferenças. Já o termo “disponibilidade de água” não se aplica apenas à quantidade de água presente, mas também à sua disponibilidade para evaporação. Depende da

superfície e de sua rugosidade da superfície. O mesmo vale para água no solo e na planta (SOARES, 2000).

Parte da radiação solar é convertida em energia mecânica, que provoca os ventos, produzindo uma camada de mistura turbulenta de ar e vapor nas proximidades da superfície. Esta camada aumenta a eficiência da aplicação da energia disponível para evaporação da água, uma vez que previne a saturação do ar e mantém elevado gradiente de vapor na superfície evaporante (SOARES, 2000).

A evapotranspiração está relacionada com as condições meteorológicas e ao grau de desenvolvimento da vegetação (BITTENCOURT, 2000). Por isso, define-se evapotranspiração potencial como aquela que poderia apresentar uma superfície coberta por vegetação e bem suprida de água (Penman, 1956, citado por TUCCI, 1993) e evapotranspiração real como a quantidade de água liberada para a atmosfera nas condições reais dos fatores atmosféricos e de umidade do solo (Gangopadhyaya et al., 1968, citados por TUCCI, 1993).

Em povoamentos florestais, a transpiração resulta da evaporação de grandes quantidades de água, inclusive de águas profundas, decorrentes da sua absorção por um grande volume de raízes (CALDER et al., 1986). No interior do solo, a água poderá percolar em direção ao lençol freático, ou se locomover subsuperficialmente. Em uma bacia com boa cobertura florestal, este último processo predomina quantitativamente e representa uma das importantes contribuições da floresta ao funcionamento adequado do sistema hidrológico, influenciando o regime do deflúvio e a quantidade da água liberada (HEWLETT et al., 1969).

### **2.3.8. Deflúvio e vazão**

Deflúvio é o termo usado com maior frequência em hidrologia para descrever as características de produção de inundação de bacias hidrográficas. Representa a soma de três elementos do ciclo hidrológico: a

precipitação no canal, o escoamento lateral do solo e o escoamento subsuperficial (SOARES, 2000).

O deflúvio pode ser considerado como o resultado da interação de todos os fatores hidrológicos em uma bacia hidrográfica, inclusive das características topográficas, climáticas, geológicas, do solo e do uso da terra (PORRAS, 1982).

Alguns autores consideram deflúvio e vazão como um só produto. Entretanto, segundo SOARES (2000), a vazão é a taxa de descarga de um dado canal natural, obtida numa estação de medição. É a soma dos termos precipitação no canal, escoamento subsuperficial, escoamento lateral e deflúvio. Para o autor, a hidrógrafa é a vazão em função do tempo e serve inclusive para separar deflúvio de escoamento de base. Porém, VILLELA e MATTOS (1975) sugeriram que a hidrógrafa ou hidrograma é a representação gráfica da variação do deflúvio no tempo. Os autores ainda conceituam deflúvio ou vazão como representação do volume de água escoada por unidade de tempo, e afirmam ser esta a principal grandeza que caracteriza o escoamento produzido por uma bacia hidrográfica.

A vazão pode ser considerada como o produto residual do ciclo hidrológico, e será influenciada por três grandes grupos de fatores: clima, fisiografia e uso do solo (LIMA, 1986).

Chama-se vazão ou descarga, em uma determinada seção, ao volume de líquido que a atravessa na unidade de tempo. Para registrar o nível de água ao longo do tempo, são usados instrumentos baseados em mecanismo de relojoaria. Os mais recentes usam mecanismos de conversão analógico-digital, de forma que o nível é gravado em gráficos e, posteriormente, transferidos para fitas magnéticas (SOARES, 2000).

#### **2.3.8.1. Hidrógrafa**

A hidrógrafa, também conhecida como hidrograma, é a representação gráfica da variação da vazão (Q) ou da carga (h), ao longo do tempo (minutos, horas, dias). Da análise das hidrógrafas computam-se o

volume total, a distribuição sazonal de vazão, o fluxo diário, o fluxo de pico, o fluxo mínimo e a frequência de vários fluxos críticos (SOARES, 2000).

A análise de hidrógrafas permite visualizar o comportamento do curso de água durante as diferentes épocas do ano. Sua variação reflete as características da bacia hidrográfica, principalmente quanto ao uso da terra e à permeabilidade do solo. Tudo isso faz da hidrógrafa um ótimo meio de avaliação da bacia hidrográfica quanto ao processo de captação e redistribuição de água (CASTRO, 1985).

BLACK (1970), analisando várias hidrógrafas geradas em bacias hidrográficas com padrões geomorfológicos diferentes, concluiu que os picos estão muito relacionados com a declividade do relevo, o tipo de solo, a intensidade de chuva e a umidade anterior.

ROBERTS e KLINGEMAN (1970), gerando diversas hidrógrafas de bacias hidrográficas artificiais, a partir do escoamento produzido por precipitações simuladas de diferentes intensidades, observaram que o deflúvio se altera sensivelmente com as variações de intensidades de chuva. Os autores concluíram que, para chuvas de baixa intensidade, o tempo para obter o equilíbrio entre a precipitação e a descarga é maior do que aquele observado para chuvas de alta intensidade.

VILLELA e MATTOS (1975) caracterizam as hidrógrafas representativas de áreas florestadas como sendo de picos achatados, com recessões bastante prolongadas. Atribuem este fato à grande permeabilidade dos solos florestais, o que propicia grande infiltração e acumulação de águas subterrâneas.

#### **2.4. Ambiente e regime hidrológico da bacia hidrográfica**

A superfície terrestre é bastante heterogênea. Varia no que se refere às condições climáticas gerais, às irregularidades topográficas, à cobertura vegetal e às ações promovidas pelo homem. Ocorrem variações perceptivas em vários aspectos, como na cor da terra, na presença de pedras, na densidade da rede hidrográfica, na perenidade dos rios, na altura do lençol freático, na rocha subjacente etc. (QUINTEIRO, 1997).



A IDENTIFICAÇÃO DE DIFERENTES AMBIENTES É SEMPRE ÚTIL AOS USUÁRIOS DE UMA DETERMINADA ÁREA, O QUE É PARTICULARMENTE VÁLIDO QUANDO O AGRICULTOR QUER ALOCAR ÁREAS PARA DIFERENTES CULTURAS, CRIAÇÃO DE ANIMAIS, CAPTAÇÃO DE ÁGUA, MORADIA, PRESERVAÇÃO ETC. OS AMBIENTES MAIS INSTÁVEIS PODEM SER IDENTIFICADOS POR MEIO DE CRITÉRIOS SIMPLES E DE ABRANGÊNCIA LOCAL, DENTRE ELES A PROFUNDIDADE DE ALGUNS HORIZONTES DO SOLO (RESENDE ET AL., 1992).

ROCHA (1997) relatou que subdividir as bacias hidrográficas em sub-bacias e microbacias tem sido de grande valia em trabalhos de campo, para planejamento de recuperação ambiental.

Segundo REZENDE e RESENDE (1996), os estudos de sub-bacias de drenagem são fundamentais na tentativa de soluções mais harmônicas e efetivas dos problemas da comunidade, principalmente a rural.

UTILIZANDO ATRIBUTOS COMO A COR DO SOLO, A TOPOGRAFIA E O TIPO DE VEGETAÇÃO, O AGRICULTOR TEM SEPARADO SUBÁREAS MAIS HOMOGÊNEAS EM SUA PROPRIEDADE (SANTANA, 1983). É COM GRANDE SABEDORIA QUE ELE VEM ESTRATIFICANDO AMBIENTES E CONSEGUINDO INFORMAÇÕES MUITO VALIOSAS AO USO MAIS APROPRIADO DA TERRA (ERNESTO SOBRINHO ET AL., 1983; OLIVEIRA, 1988).

#### **2.4.1. Geomorfologia**

O comportamento hidrológico de uma bacia pode ser avaliado pelas suas características físicas, existindo estreita correlação destas com o regime hidrológico. Por meio delas, podem ser determinados, indiretamente, os valores hidrológicos de locais ou regiões onde faltam dados ou não seja possível a instalação de equipamentos (VILELA e MATOS, 1975).

As características geomorfológicas da bacia, como a declividade, influenciam todos os processos ligados ao deflúvio e à infiltração, ou seja, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, enquanto outras características físicas, como a forma e o tamanho da bacia, o tipo e a densidade de drenagem e a variação de altitude, determinam a forma do hidrograma decorrente de uma certa precipitação. A intensidade da dissecação do terreno pela drenagem influencia principalmente as taxas de escoamento superficial (ao condicionar a distância média do escoamento

superficial) e a extensão da área variável de contribuição (PRUSKI et al., 1997; BITTENCOURT, 2000; SOARES, 2000).

O gradiente da encosta também vai influenciar a velocidade do fluxo dentro do solo. Em uma superfície convexa, o escoamento subsuperficial saturado se torna mais lento, proporcionando um aumento da camada saturada, o que pode fazer com que esta camada chegue até a superfície, causando escoamento superficial por saturação ou fluxo de retorno. As áreas côncavas nas planícies da bacia também produzem o efeito de aumento do nível de saturação do solo, estão associadas ao fluxo de retorno e, geralmente, participam da área variável de contribuição (WHIPKEY e KIRKBY, 1979).

AS CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS (ÁREA, FORMA, DECLIVE, DENSIDADE DE DRENAGEM, ALTITUDE ETC.), ASSOCIADAS ÀS CARACTERÍSTICAS DO SOLO, AOS FATORES CLIMÁTICOS E À VEGETAÇÃO, EXERCEM INFLUÊNCIA SOBRE A PRODUÇÃO DE ÁGUA, TANTO NO ASPECTO QUANTITATIVO, QUANTO NO QUALITATIVO. CICCIO E FUJIEDA (1992), ESTUDANDO UMA BACIA HIDROGRÁFICA NA SERRA DO MAR, TAMBÉM ATRIBUÍRAM AO CLIMA E ÀS CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS O RESULTADO DO DEFLÚVIO.

#### **2.4.2. Solos**

O tipo de solo pode ser considerado como um fator importante para o ciclo hidrológico, por determinar a taxa de infiltração e influenciar o escoamento subsuperficial. Para avaliar as propriedades hidrológicas dos solos, é preciso definir ou estimar características como textura, estrutura, conteúdo de matéria orgânica, porosidade e condutividade hidráulica (Gregory e Walling, citados por LIMA, 1986).

Por essa razão, os levantamentos de solos tradicionais não são tão úteis para a hidrologia como poderiam ser, caso fossem realizados mapeamentos de solos de acordo com suas características hidrológicas (LIMA, 1986).

PARR e BERTRAND (1960) mencionam que Musgrave resumiu os principais fatores que afetam a entrada de água no solo: 1) condição de superfície e quantidade de proteção contra o impacto da chuva; 2) características internas da massa do solo, como o tamanho dos poros e a

espessura da porção permeável, a grande expansão das argilas e colóides, o conteúdo de matéria orgânica e o grau de agregação; 3) umidade e grau de saturação; 4) duração da chuva ou irrigação; e 5) estação do ano e temperatura do solo e da água.

Os solos não podem receber uma pressão além de sua capacidade de suporte; regiões intensamente mecanizadas têm, geralmente, solos mais compactados. A compactação do solo afeta a aeração e reduz sua porosidade total, afetando principalmente a porosidade não-capilar. Para GIACOVETTA (1990), a compactação do solo é uma das razões pelas quais áreas cultiváveis apresentam menor infiltração do que áreas florestadas.

MARTINS (1973) alertou para o fato de a erosão hídrica ser um importante aspecto na perda de solos. As gotas de chuva, ao se chocarem contra o solo desprotegido, promovem o turbilhonamento das partículas, tornando-o suscetível ao forte processo de calcinação pela irradiação solar, provocando a rápida destruição das comunidades microbianas.

As partículas, então desagregadas, são facilmente carregadas pelas águas pluviais. Este desajuste concorre para vedação dos poros na superfície, reduzindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, acentuado quando o terreno for declivoso, pois quanto maior a inclinação, maior o desgaste (MARTINS, 1973).

Os registros mostram que a infiltração de água é severamente reduzida pela formação ou presença de selo superficial, devido à ausente ou pequena porosidade dessa camada e à dominância de poros de reduzido diâmetro (CHOW et al., 1998).

Os solos mais porosos facilitam a infiltração, e por drenarem bem são menos propensos à saturação hídrica que os solos de baixa porosidade, portanto naturalmente não favorecem o escoamento superficial (BITTENCOURT, 2000). Os solos profundos também são menos suscetíveis à saturação, devido à sua maior capacidade de armazenamento.

Um solo de textura arenosa pode drenar um maior volume de água e mais rapidamente, quando saturado ou próximo da saturação, enquanto outro solo de textura mais fina não terá essa mesma capacidade. Porém, em condições de solo mais seco, os poros interconectados do solo de textura fina ainda estarão saturados (devido à maior tensão capilar), então o seu

fluxo continuará com praticamente as mesmas características, enquanto o solo grosseiro, por possuir poucos poros de pequenas dimensões, apresentará um fluxo bem menor do que em condições de saturação (BITTENCOURT, 2000).

Os solos de textura grosseira geralmente apresentam dominância da percolação, enquanto em solos de grãos mais finos a resistência ao fluxo vertical da água propicia o surgimento do fluxo lateral no sentido da declividade. A estrutura do solo é um outro fator determinante da existência deste tipo de escoamento: os solos de textura grossa geralmente apresentam menos fissuras, rachaduras ou túneis do que os solos de textura mais fina. Estas falhas na estrutura do solo podem ser consideradas possíveis rotas para um fluxo lateral de maiores proporções, do que aquele que atravessa os poros texturais (WHIPKEY e KIRKBY, 1979).

Para BITTENCOURT (2000), a textura do solo também é um fator condicionante à infiltração. Os solos de textura grosseira, como os solos arenosos, com pouco silte e argila, apresentam boa drenagem. Já os solos de textura argilosa não favorecem a infiltração, e podem favorecer o surgimento de escoamento superficial. Os solos estratificados, com diferenças estruturais marcantes entre os horizontes A e B, podem apresentar características limitantes ao fluxo vertical, se a camada inferior for menos permeável que a superior. Neste caso, ou o escoamento subsuperficial é favorecido (quando a declividade assim permitir) ou o horizonte A tenderá a limitar a taxa de infiltração, por ser suscetível à saturação.

Essa grande variação da infiltração pode tanto ser devido a diferentes arranjos estruturais de partículas de mesma textura, como à atividade da fauna e da flora no solo. A estrutura e as características do solo se alteram com o tempo. BITTENCOURT (2000) exemplifica que a disponibilidade de cátions pode variar com as mudanças de uso de solo em determinado local; conseqüentemente a estrutura e a capacidade de transmissão e armazenamento de água também sofrerão mudanças.

Em se tratando do teor de umidade inicial, em um solo mais seco o umedecimento da camada superior provoca um forte efeito de capilaridade, que junto com a gravidade facilita a infiltração. Para qualquer solo, a

condição de umidade antecedente é muito importante, pois determinará o potencial capilar na sua superfície. Ignorando outros fatores, pode-se dizer que um solo mais seco terá uma capacidade inicial de infiltração mais alta do que se ele estivesse com uma maior taxa de umidade (KIEHL, 1979; BRAKENSIEK, 1982; REICHARDT, 1996; BITTENCOURT, 2000).

A umidade antecedente dependerá das características de retenção de água do solo, do volume de precipitação das chuvas anteriores e da evapotranspiração condicionada à cobertura do solo e aos fatores climáticos, como vento e temperatura (KIEHL, 1979).

O uso do solo também tem influência na produção de vazão, pois dois fatores importantes para os processos hidrológicos, e que atuam de maneiras divergentes, estão a ele relacionados: a presença de cobertura vegetal e a impermeabilização da bacia hidrográfica, decorrente principalmente da urbanização. A presença ou não de cobertura florestal determinará como os processos hidrológicos, como a interceptação, a evapotranspiração, a infiltração e o escoamento superficial, se comportarão durante e após um evento de chuva (LIMA, 1985).

Em climas tropicais, com altas taxas pluviométricas, a retirada de florestas e a substituição por outros usos, como pastagens e agricultura, resultam em uma diminuição da capacidade da superfície do solo em absorver a água de precipitações intensas. Tal fato ocasionaria maior proporção de escoamento superficial e poderia levar à ocorrência de enchentes, além do que a recarga dos aquíferos subterrâneos também seria comprometida, diminuindo as vazões de estiagem (PEREIRA, 1973).

CAVALCANTI (1993), comparando o mapa dos cursos d'água da bacia do Palmital com o mapa da vegetação florestal nativa, verificou que não havia, no primeiro, nenhuma área florestada na faixa marginal dos cursos d'água de até 30 m, como recomenda a lei. Tal fato é atribuído a práticas errôneas de utilização das várzeas, em virtude de sua maior fertilidade. Essas práticas caracterizam-se por um processo sucessivo de supressão das matas e capoeiras existentes às margens dos cursos d'água. O autor concluiu que 63% da área total são utilizadas com pastoreio, e somente 21,4% é florestada, apesar de o plantio de árvores ser a técnica aconselhável para locais com tais características topográficas.

Conhecendo a retrospectiva do uso do solo em uma propriedade e o registro cuidadoso do que nele se faz até o presente, podem-se vislumbrar alternativas e sugestões para melhor utilização, uma vez que elas se inserem em um contexto socioeconômico-ambiental. Daí a conveniência de ouvir o agricultor. Este parece ser o caminho natural para se ter uma sensibilidade maior sobre a problemática do uso da terra de forma mais realista (LANI, 1987).

### **2.4.3. Cobertura vegetal**

As áreas da bacia de contribuição não devem servir como pastagem, pois, quando submetidas ao pastoreio intensivo, são cortadas por sulcos de erosão, tornando-se pobres em matéria orgânica, apresentando baixa taxa de infiltração e sofrendo o embate direto das gotas de chuva, o que as torna cada vez mais impermeáveis. Com a diminuição da capacidade de infiltração, têm-se o conseqüente aumento do escoamento superficial e seus inconvenientes: cheias, transporte de sedimentos, pequena alimentação do lençol subterrâneo etc. (VALENTE, 1974).

Em conseqüência da menor infiltração, a vazão dos cursos d'água cresce abruptamente durante as chuvas e diminui sensivelmente na época seca, uma vez que os mananciais subterrâneos não são abastecidos convenientemente pela água de infiltração. Em solos inclinados, utilizados com pastagem, a água, além de arrastar a terra, arrasta também dejetos de animais, que tanto turvam a água quanto a contaminam, pois os animais podem estar infestados com doenças como brucelose, aftosa etc., acarretando risco à saúde humana. Os dejetos ainda contribuem para aumentar o teor de matéria orgânica, facilitando a proliferação de bactérias e a conseqüente eutrofização da água (DAKER, 1970).

No que diz respeito às variações de água no solo sob diferentes tipos de vegetação, GIACOVETTA (1990) concluiu que na estação de crescimento ou chuvosa as camadas superficiais do solo secam mais rapidamente nas áreas abertas do que nas áreas florestadas, ao passo que no outono as camadas mais profundas do solo são mais secas sob florestas

do que em áreas abertas. O autor ainda afirma que em solos arenosos o regime de água do solo em áreas florestadas e não-florestadas não é diferente.

Nakano (s.d.), citado por NALON e VELLARDI (1992), realizou estudos sobre a capacidade que a floresta tem de conservar a água do solo. O autor observou que em regiões descobertas as perdas ocorrem na camada superficial, de forma rápida, porém nos campos, em camadas um pouco mais profundas, e nas florestas, nas camadas mais profundas, de forma mais lenta.

O efeito da cobertura florestal tem sido correlacionado com a infiltração de água no solo. Geralmente os solos florestais apresentam maior índice de infiltração da água da chuva em relação a campos, pastagens e solos agrícolas, o que se deve à excelente porosidade dos solos florestais, decorrente da penetração de raízes, ao maior número de microorganismos e insetos e, também, à função estabilizadora da manta florestal. Em razão da alta permeabilidade desses solos, a precipitação é rapidamente absorvida, sendo pouco perdida em escoamento superficial (BITTENCOURT, 2000; SOARES, 2000).

Porém, FREEZE (1972) relatou que em florestas a infiltração pode apresentar uma ampla variabilidade, em virtude das variações das características da chuva, da umidade anterior e das zonas de saturação. O autor afirmou ainda que características como intensidade e duração das chuvas, distribuições das chuvas nas bacias hidrográficas e umidade antecedente têm sido amplamente estudadas. Quantitativamente, porém, os dados encontrados na literatura evidenciam uma grande variabilidade de resposta.

Em superfícies florestadas existem condições muito satisfatórias para o desempenho da infiltração. Suas águas podem resultar em escoamento subsuperficial, em que a liberação de água é mais lenta e controlada, ou podem, por meio da percolação, alimentar a água subterrânea. Este último processo é de grande importância para o homem, pois dele depende o abastecimento de água para os rios durante o período de estiagem, mantendo também a umidade do solo em uma escala importante para as produtividades agrícola e florestal (LIMA, 1985).

Certamente as florestas proporcionam altas taxas de infiltração de água no solo, favorecendo o aumento da reserva de água subterrânea, no entanto em aquíferos confinados esse efeito é pouco significativo. Quando as florestas localizam-se sobre aquíferos superficiais não-confinados, causam a redução ou até mesmo a interrupção da realimentação desses aquíferos, em função de sua alta taxa de evapotranspiração. Quando a floresta estiver presente sobre planície, ela pode manter o local isento de encharcamento, durante a maior parte do ano (CASTRO, 1997).

Em florestas a água do escoamento de base é a que mais contribui para o deflúvio. No entanto, em terrenos declivosos a água tende a escorrer em uma direção paralela à linha do declive, proporcionando a ocorrência do escoamento superficial e, ou, subsuperficial. Este último constitui a maior função do escoamento direto em bacias hidrográficas florestadas (BITTENCOURT, 2000).

HEWLETT et al. (1984), comparando o coeficiente do escoamento direto de uma bacia desmatada com a sua situação anterior (florestada), verificaram que a remoção da vegetação promoveu o aumento do coeficiente de escoamento superficial de 22 para 31%, principalmente quando as condições anteriores de umidade foram de moderada à seca. Entretanto, o pico de vazão da água aumentou de forma mais acentuada quando a umidade anterior era elevada.

LEITCH e FLINN (1986) obtiveram resultados semelhantes quando compararam o escoamento direto em uma bacia hidrográfica com floresta nativa e outra desmatada. Os autores verificaram aumento do deflúvio na bacia hidrográfica desmatada, o qual foi associado à maior umidade do solo, em razão da reduzida taxa de evaporação. Também observaram que, quando as bacias estiveram relativamente saturadas em função de sucessivas chuvas, tanto a presença como a ausência de cobertura florestal exerceram pouco efeito sobre o deflúvio.

MOLION (1985) afirmou que a ausência de cobertura vegetal de maior porte afeta a distribuição média mensal do escoamento (*runoff*), mas não altera o seu valor médio anual. O autor concluiu que, desta forma, as técnicas avançadas de proteção do solo e de controle de enchentes podem,



em princípio, substituir o papel das florestas como reguladoras dos picos de enchentes.

Alguns estudos recentes têm demonstrado que a remoção da cobertura florestal em solos profundos favorece a percolação profunda, aumentando o fluxo de base. Considerando que o fluxo das nascentes é decorrência do fluxo de base à superfície, a eliminação das florestas aumentaria a vazão das nascentes (CASTRO, 1997). Porém, SATTERLUND e ADAMS (1992) alertam para o fato de que nenhum desses estudos foi conduzido em área que sofreu sérias perturbações na estrutura do solo, com a conseqüente redução na sua capacidade de infiltração.

CASTRO (1997) concluiu que a remoção das florestas não causa diminuição da vazão das nascentes ou o seu desaparecimento, caso as condições de infiltração sejam mantidas. Somente a precipitação oculta, caracterizada pela captação de água proveniente da neblina e transformada em gotas pelas árvores, seria interrompida.

HEWLETT (1982) relatou que a deficiência de infiltração é um problema, principalmente, em solos compactados por pecuária e cultivos intensivos e que, geralmente, ela não ocorre em florestas, que absorvem a energia do impacto da chuva e permitem que a água limpa penetre no solo.

Em uma área de floresta natural não-explorada, a taxa de infiltração é mantida no seu máximo. Esta condição ótima de infiltração é conseguida principalmente pela presença do piso florestal ou serapilheira (camada de material vegetal e animal em processo inicial de decomposição), pois esta camada é responsável por manter as melhores condições para que a água se infiltre. Tal fato se deve principalmente ao efeito protetor da serapilheira contra o impacto das gotas de chuva, que podem causar a diminuição da taxa de infiltração na camada superficial do solo (LIMA, 1986).

Esse efeito de proteção é maior do que o proporcionado pelas copas das árvores, uma vez que uma gota de água que cai de uma altura de 8m tem praticamente a mesma velocidade de uma gota que cai sem nenhum obstáculo (Laws, 1941, citado por LIMA, 1986).

Os canais originados de raízes mortas podem aumentar significativamente as características de permeabilidade saturada do solo, principalmente se este solo tiver estrutura fina (solo argiloso, por exemplo) e,

ou, camadas bem definidas, o que pode diminuir as taxas de escoamento subsuperficial, pelo fato de o fluxo vertical da água ser privilegiado por esta condição (WHIPKEY e KIRKBY, 1979).

Além disto, a presença de serapilheira é uma barreira para a formação de escoamento superficial. Evitando a diminuição da porosidade total (principalmente a porosidade não-capilar), a existência de serapilheira acaba proporcionando maior infiltração do que em áreas adjacentes com outros usos (LIMA, 1986).

Uma cobertura vegetal densa garante elevada capacidade de infiltração. A camada superficial de matéria orgânica desses solos promove boa retenção de água e os protege contra a compactação pelas gotas de chuva. Além disto, essa camada é o habitat de animais (insetos, anelídeos, etc.) que formam pequenos túneis, e é onde há maior desenvolvimento radicular das plantas, devendo ser ressaltado que esses fatores contribuem para as boas taxas de infiltração nessas condições (BITTENCOURT, 2000).

De acordo com CASTRO (1997), em solos profundos de meia encosta e em topos de morro o papel da floresta é benéfico. Já ao redor de uma nascente, se a área de contribuição encontra-se degradada e sua produção de água estiver comprometida, a floresta pode causar efeito negativo sobre a vazão mínima, devido ao estágio inicial de crescimento, quando o consumo é muito grande, e devido à evapotranspiração, caso o lençol esteja ao alcance das raízes.

A profundidade do sistema radicular é de primordial importância na produção de água de uma bacia. A chuva, caindo após o solo ter atingido o ponto de murcha, tem de suprir a deficiência causada pelo sistema radicular antes de abastecer os lençóis subterrâneos. O volume de solo explorado deve também ser levado em consideração. O milho, por exemplo, possui raízes pouco profundas, porém muito desenvolvidas lateralmente, bombeando água de um grande volume de solo. Fato semelhante ocorre com a cana-de-açúcar (VALENTE, 1974).

O conhecimento do fato de a profundidade das raízes afetar a quantidade de água transpirada ou armazenada no solo e de o consumo de água ser diferente nos diversos estágios fenológicos e de maturação

evidencia práticas de manipulação da vegetação para produção desejada de água (CASTRO, 1997).

A observação de uma vegetação cuja tonalidade é intensa, independentemente das condições climáticas, mantendo-se hidratada e em contínuo crescimento durante as secas, pode indicar a presença de um lençol próximo à superfície e o contato das raízes desta vegetação com o mesmo (CASTRO, 1997).

LINSLEY e FRANZINI (1978) alertaram que, quando a franja capilar alcança o sistema radicular, estabelece-se uma via que possibilita a evapotranspiração direta para a atmosfera, mesmo nos períodos em que não há recarga dos aquíferos. Esse tipo de vegetação é conhecida como freatófita e ocorre em todas as partes do mundo. Sua capacidade de acumular biomassa parece atraente, uma vez que outras massas vegetais vivem a temporária dormência fisiológica. Entretanto, o consumo de água por este tipo de planta é preocupante.

De acordo com USBRAAO (1997), as plantas freatófitas têm resposta fisiológica muito rápida nas mais diferentes situações, algumas desenvolveram sofisticados mecanismos de reprodução, o que dificulta seu manejo ou até a sua erradicação, causando considerável prejuízo às fontes de abastecimento de água para cidades. Imprescindivelmente elas merecem a atenção dos hidrólogistas e ecofisiologistas florestais.

O papel hidrológico das florestas é sem dúvida muito importante na manutenção dos cursos d'água, no entanto os resultados de uma bacia não podem ser extrapolados para outra. Para um trabalho de hidrologia florestal ter validade, a bacia experimental deve ser devidamente calibrada e a pesquisa conduzida sem vícios de observação ou paradigmas diversos; o pesquisador precisa ter um espírito preparado para não ser tendencioso na direção daquilo em que acredita.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área**

A microbacia da Rua Nova localiza-se nas coordenadas geográficas de 20° 46' de latitude sul e 42° 53' de latitude oeste. Está inserida na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais. O ribeirão São Bartolomeu abastece parte da cidade de Viçosa, com população estimada de 60.000 habitantes.

Com uma área de aproximadamente 14,00 ha, esta microbacia encontra-se à margem direita da rodovia que liga o município de Viçosa a Paula Cândido, aproximadamente a 2 km da cidade de Viçosa. Foi selecionada por ser de fácil acesso e bem representativa da região da Zona da Mata mineira quanto à vegetação, ao relevo, ao uso e à ocupação do solo, além de possuir divisores topográficos e rede de drenagem bem definidos, tornando-a propícia para fins de estudos hidrológicos.

##### **3.1.1. Características geológicas e classificação dos solos da bacia**

A região onde se insere a microbacia apresenta relevo ondulado a fortemente ondulado. Geologicamente, a área estudada é constituída por gnaisses diversos e migmatitos pertencentes ao Complexo Cristalino, do Pré-Cambriano Indiviso. A rocha básica é gnáissica, mesocrática, bem lineada. Ocorre, esporadicamente, a presença de diques de diabásio e corpos remanescentes de anfíbolitos (FERNANDES, 1996).

O relevo apresenta a seqüência topo, vertente e terraços aluviais com o fundo formado pelo leito maior e nas vertentes desenvolvem-se

segundo linha côncava, convexa e topo. As vertentes possuem forma côncava e convexa, ravinas formadas pela ação da erosão e com declividade variada (RESENDE, 1971).

A maioria dos solos é de textura argilosa, sendo classificados como: 1 - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico nas áreas com perfis convexos e nos topos das elevações, com solos Câmbicos nos últimos, em função da existência de horizonte B de pequena espessura; 2 - Argissolos nas áreas de perfis côncavos e nos terraços, sendo, nestes últimos, denominados Câmbicos fase terraço; e 3 - Hidromórficos aluviais no leito maior dos cursos d'água (CORREA, 1984).

A existência de um regolito profundo e a presença de um solo bem permeável sob a vegetação possibilitam, em geral, boa infiltração. Este fato, associado à presença de pequenos componentes fluviais, proporciona eficiente drenagem (CORREA, 1984).

A região é composta por uma abundante rede de drenagem de padrão dendrítico e seção transversal em U, com leitos menores que cortam os sedimentos fluviais dos leitos maiores. Neste aspecto, a largura da maioria dos vales não se adapta ao regime hídrico dos cursos d'água atuais (FERNANDES, 1996).

### **3.1.2. Características climáticas**

O clima é classificado como do tipo mesotérmico de altitude, quente-temperado, chuvoso (Cwb), segundo Köppen, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C, verões frescos e chuvosos e invernos secos (RODRIGUES, 1966). Segundo a classificação climática de Gaussen e Bagnouls, Viçosa apresenta índice mesotérmico 36 e está incluída na região bioclimática xeroquimênica, com modalidades submesaxérica (GALVÃO, 1967). A região possui precipitação média anual de 1.345 mm e a evapotranspiração de 885 mm, com umidade relativa média de 80%. As médias mensais de precipitação, temperatura máxima e mínima da bacia estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - DADOS METEOROLÓGICOS DE VIÇOSA-MG, 1988

Meses	Temperatura Máxima (° C)	Temperatura Mínima (° C)	Precipitação (mm/dia)
Janeiro	28,2	19,9	6,35
Fevereiro	30,0	18,1	5,31
Março	28,4	17,6	3,89
Abril	26,6	15,6	1,66
Mai	24,6	12,7	0,97
Junho	23,9	10,6	0,64
Julho	23,5	10,1	0,76
Agosto	24,9	11,1	0,60
Setembro	25,5	13,1	1,78
Outubro	26,4	15,8	3,56
Novembro	26,9	17,1	6,83
Dezembro	27,0	17,8	7,90

Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola– UFV.

### 3.1.3. Características da cobertura vegetal e do uso do solo

A bacia do rio São Bartolomeu, onde está inserida a microbacia da Rua Nova, foi classificada como apresentando formações estacionais tropicais, em parte caducifólia, com clima tropical úmido e estações chuvosa e seca bem definidas. A região é do tipo Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO, 1966; IBGE, 1993). A mata é composta de regeneração secundária, em que uma variedade de espécies apresenta queda de folhas a partir do mês de maio até praticamente final de outubro.

Segundo FERNANDES (1996), a região de Viçosa sofreu intenso desmatamento para dar lugar à lavoura cafeeira, responsável pela colonização inicial. O ciclo do café proporcionou o empobrecimento dos solos, deixando marcas nos aspectos físicos da paisagem atual e na socioeconomia regional. SILVA (1997) relatou que a região é de baixa fertilidade, portanto culturas como o café e pequenas lavouras mal manejadas acabaram por exaurir os solos, que se encontram também muito erodidos.

O café foi em grande parte substituído por pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora*), no entanto também não houve investimento nesta atividade. Atualmente a bacia é ocupada por pastagens degradadas,

devido ao uso intenso da terra para este fim. A exploração agrícola com café, milho, feijão, arroz e olerícolas concentra-se nos terraços e leitos maiores, onde também é intensificada a atividade urbana.

De forma descontínua, os topos das elevações são cobertos por remanescentes florestais em estágio sucessional e por capoeiras.

## **3.2. Metodologia**

### **3.2.1. Elaboração de mapas fisiográficos da microbacia**

Foi utilizado como banco de dados o mapa do levantamento planialtimétrico georreferenciado realizado pelo SAAE (1974) de 1 m/1 m, o qual foi aferido com o levantamento planialtimétrico de 1 m/1 m na rede de drenagem e sua área de influência (25 m), para cada margem (SAAE, 1999), e através do percorrimento dos limites da área com o receptor GPS GARMIN II Plus, de onde também foi obtido o polígono correspondente.

O limite da área e suas curvas de nível foram digitalizados, e então foram gerados os mapas da microbacia no programa Idrisi for Windows, versão 2.0. A esse banco de dados foram associadas informações obtidas em visitas a campo e análise de aerofotos não-convencionais (1:5.000). Posteriormente, para os cálculos da fisiografia, utilizou-se a metodologia descrita por VILELA (1975).

#### **3.2.1.1. Índices fisiográficos da bacia hidrográfica**

De acordo com VILELA (1975), as principais características físicas de uma bacia hidrográfica relacionam-se com seu formato, suas dimensões, seu sistema de drenagem e seu relevo, as quais são definidas a seguir:

**a) Área de drenagem:** é definida como sendo a projeção horizontal da área da bacia hidrográfica, limitada entre seus divisores topográficos, expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>).

**b) Forma da bacia:** são os índices que relacionam a forma da bacia com as formas geométricas conhecidas. Os índices normalmente utilizados

são o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e o fator de forma ( $K_f$ ). A forma influencia diretamente o tempo de concentração, isto é, o tempo necessário para que toda bacia contribua para sua saída após uma precipitação.

**b.1) Coeficiente de compacidade ou índice de Gravellius:**

relaciona o perímetro da bacia com um círculo de área igual ao da bacia, sendo expresso por:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{eq. 1})$$

em que

$K_c$  = coeficiente de compacidade, adimensional;

$P$  = perímetro da bacia hidrográfica em km; e

$A$  = área da bacia hidrográfica em  $\text{km}^2$ .

O valor deste coeficiente varia com a forma da bacia, ou seja, se ela tende a ter a forma circular, o coeficiente mínimo é igual à unidade, entretanto este valor aumenta quanto mais irregular for a bacia.

**b.2) Fator de forma:** Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, sendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia.

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} \quad \text{eq. 2}$$

como

$$\bar{L} = \frac{A}{L} \quad \text{eq. 3}$$

logo

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{eq. 4}$$

em que

$A$  = área total da bacia em  $\text{km}^2$ ;



$K_f$  = fator de forma, adimensional;  
 $L$  = largura média da bacia em km; e  
 $L$  = comprimento axial da bacia em km.

Comparando bacias de mesma área, de modo geral observa-se que as que apresentaram valores de fator de forma menores tinham menor tendência a enchentes.

**c) Sistema de drenagem:** é constituído pelo rio principal e seus afluentes, e seu estudo é importante para avaliação da velocidade de escoamento da água que deixa a bacia hidrográfica. Pode ser caracterizado pelo ordenamento dos cursos d'água, pelo padrão de drenagem, pela densidade de drenagem e pela extensão média do escoamento superficial.

**c.1) Ordem dos cursos de água:** classifica os cursos d'água em perenes, intermitentes e efêmeros, pertencentes a bacias naturais ou artificiais, segundo o grau de hierarquia ou ramificação da rede de drenagem (Strahler, citado por TUCCI, (1993),

**c.2) Padrões de drenagem:** classifica a rede de drenagem de acordo com a disposição geométrica dos cursos na bacia. Pode ser do tipo dendrítico, treliça, retangular, paralela, radial e irregular (FILIZOLA JR., 1995).

**c.3) Densidade de drenagem:** reflete o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, sendo expresso pela razão entre o comprimento total dos cursos d'água e a área total da bacia:

$$Dd = \frac{L t}{A} \quad \text{eq. 5}$$

em que

$Dd$  = densidade de drenagem em  $\text{km}/\text{km}^2$ ;

Lt=comprimento total dos cursos d'água em km; e

A= área da bacia em km<sup>2</sup>.

**C.4) EXTENSÃO MÉDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL:**  
DEFINIDA COMO A EXTENSÃO MÉDIA EM QUE A ÁGUA DA CHUVA ESCOARIA SOBRE OS TERRENOS DA BACIA, CASO O ESCOAMENTO OCORRESSE EM LINHA RETA, DESDE O PONTO EM QUE CAIU NO TERRENO ATÉ O CURSO D'ÁGUA MAIS PRÓXIMO. ESSA DISTÂNCIA É IGUAL À QUARTA PARTE DA DISTÂNCIA MÉDIA ENTRE OS CURSOS D'ÁGUA, SENDO EXPRESSA POR:

$$L = \frac{A}{4 L_t} \quad (\text{EQ. 6})$$

em que

L= EXTENSÃO MÉDIA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM KM;

A= área da bacia em km<sup>2</sup>; e

Lt=comprimento total dos cursos d'água em km.

**d) Características do relevo de uma bacia:** os fatores meteorológicos e hidrológicos sofrem grande influência das características do relevo, sendo de grande importância a determinação das curvas características do relevo de uma bacia hidrográfica. O relevo de uma bacia pode ser caracterizado pela sua declividade média, pela curva hipsométrica, pela elevação média e pela declividade média do curso d'água principal.

**d.1.) Declividade média da bacia:** controla boa parte da velocidade do escoamento superficial, influenciando a magnitude dos picos de enchente e a maior ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos da bacia. Segundo VILELA (1975), pode ser determinada pela distribuição porcentual das declividades dos terrenos da bacia.

**d.2.) Curva hipsométrica:** representa graficamente a variação da elevação nos terrenos da bacia (VILELA, 1975), isto é, o relevo médio de uma bacia. A curva hipsométrica permite

expressar a maneira pela qual o volume rochoso situado abaixo da superfície topográfica está distribuído desde a base até o topo (CHRISTOFOLETTI, 1994).

d.3.) **Elevação média da bacia:** os fenômenos de precipitação, perdas de água por evaporação e transpiração são influenciados pela variação de altitude e elevação média de uma bacia. A elevação média pode ser determinada pela expressão:

$$E = \sum \frac{e \cdot a}{A} \quad (\text{eq. 7})$$

em que

E= elevação média da bacia;

e= elevação média entre duas curvas de nível consecutivas, em m;

a= área entre as curvas de nível, em m<sup>2</sup>; e

A= área total em m<sup>2</sup>.

d.4.) **Declividade média do curso d'água principal:** influencia diretamente o escoamento do curso d'água, portanto quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciadas serão as enchentes. Pode-se obter o seu valor pelo cálculo da declividade simples, graficamente, ou pela declividade equivalente constante.

d.4.1) **Declividade simples:** obtém-se pela razão entre a diferença de nível do leito e a extensão horizontal do curso d'água entre esses dois pontos, como a seguir:

$$S_1 = \frac{D_{NL}}{L} \quad (\text{eq. 8})$$

em que

S<sub>1</sub>= declividade simples do curso d'água, em m/m;

D<sub>NL</sub>= diferença de nível, em m; e

L= distância na horizontal do curso d'água, em m.

### **3.2.2. Análise do solo**

A ÁREA FOI PERCORRIDA, E ENTÃO FORAM SELECIONADOS OS PRINCIPAIS SOLOS, ISTO É, OS LATOSSOLOS, ARGISSOLOS E CAMBISSOLOS.

AS AMOSTRAS FORAM COLETADAS SOMENTE NOS HORIZONTES A E B. OS SOLOS FORAM COLETADOS EM TRINCHEIRAS, E SUAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS FORAM DESCRITAS (EMBRAPA, 1997). AS AMOSTRAS ÚMIDAS E AS DO ANEL VOLUMÉTRICO FORAM COLETADAS E ACONDICIONADAS EM LATAS, QUE, EM SEGUIDA, FORAM VEDADAS. PARA AS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, AS AMOSTRAS COLETADAS FORAM SECAS AO AR, DESTORROADAS E PASSADAS EM PENEIRAS DE 2 MM (TFSA).

#### **3.2.2.1. Análise física**

FORAM DETERMINADAS A ANÁLISE TEXTURAL, REALIZADA PELO MÉTODO DA PIPETA, UTILIZANDO O NAOH COMO DISPERSANTE QUÍMICO E AGITAÇÃO MECÂNICA; A DENSIDADE DO SOLO, CALCULADA PELO MÉTODO ANEL VOLUMÉTRICO DE KOPENICK; O EQUIVALENTE UMIDADE, OBTIDO POR CENTRIFUGAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO, APLICANDO-SE A ESTAS UMA FORÇA CENTRÍFUGA CORRESPONDENTE A 1.000 VEZES A FORÇA DA GRAVIDADE; E A DENSIDADE DAS PARTÍCULAS, CALCULADA PELO MÉTODO DO BALÃO VOLUMÉTRICO, DE ACORDO COM A EMBRAPA (1997).

A UMIDADE GRAVIMÉTRICA FOI OBTIDA PELA DIFERENÇA ENTRE AS AMOSTRAS ÚMIDA E SECA EM ESTUFA POR 24 HORAS, A 105 °C; A POROSIDADE TOTAL FOI DETERMINADA CONFORME DESCRITO EM KIEHL, (1979); A COR DO SOLO SECO E ÚMIDO FOI DETERMINADA PELA CARTA DE MÜNSELL; E A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA FOI DETERMINADA COM O PERMEÂMETRO DE GUELPH, CONFORME DESCRITO EM COSTA (2000).

#### **3.2.2.2. Análise química**

AS ANÁLISES DE FÓSFORO DISPONÍVEL, EXTRAÍDO POR MEHLICH-1 E DETERMINADO POR COLORIMETRIA DE  $Na^{1+}$  E DE  $K^{1+}$ ; EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1; E DE CARBONO ORGÂNICO, DETERMINADO POR MEIO DA OXIDAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA PELO BICROMATO DE POTÁSSIO ( $K_2Cr_2O_7$ ) E TITULADO COM  $FESO_4$

0,025 MOL/L, MÉTODO WALKLEY-BLACK, FORAM REALIZADAS DE ACORDO COM DEFELIPO E RIBEIRO (1981). NA DETERMINAÇÃO DO PH, CALCULADO EM ÁGUA (1 MOL/DM<sup>3</sup>) NA RELAÇÃO 1:2,5; DAS BASES TROCÁVEIS CA<sup>2+</sup>, MG<sup>2+</sup> E AL<sup>3+</sup>, OBTIDAS COM KCL (1 MOL/DM<sup>3</sup>); E DA ACIDEZ EXTRAÍVEL (ALUMÍNIO E HIDROGÊNIO), FOI REALIZADO COM ACETATO DE CA (CA(OAC)<sub>2</sub>) 0,5 MOL/L, PH 7,0, E PARA A ACIDEZ TITULADA COM NAOH 0,025 MOL/L, UTILIZANDO FENOLFETALEÍNA COMO INDICADOR, FORAM USADOS OS MÉTODOS DESCRITOS EM EMBRAPA (1997). O ALUMÍNIO ATIVO FOI EXTRAÍDO COM KCL (1 MOL/DM<sup>3</sup>) E DETERMINADO POR COLORIMETRIA (540 NM) COM ALUMINON (ALVAREZ, 1985).

### **3.2.3. Precipitação pluviométrica**

FOI DETERMINADA DE ACORDO COM AS NORMAS DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA, SEGUINDO AS INSTRUÇÕES PARA O POSICIONAMENTO DO PLUVIÓGRAFO. O EQUIPAMENTO FOI ISOLADO COM ARAME FARPADO PARA EVITAR INTERFERÊNCIAS, NAS LEITURAS, PELOS ANIMAIS QUE PASTEJAVAM NA ÁREA.

FORAM OBTIDOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO (ALTURA E INTENSIDADE), UTILIZANDO PLUVIÓGRAFO MODELO PLG, COM ÁREA DE CAPTAÇÃO DE 100 CM<sup>2</sup>, AMPLITUDE DE REGISTRO DE 100 MM DE PRECIPITAÇÃO E PRECISÃO DA LEITURA IGUAL A 10 MM, COM AUTONOMIA DE REGISTRO DE UM DIA.

GEROU-SE UMA SÉRIE PARCIAL, E OS DADOS FORAM LIDOS COM INTERVALOS DE 10 EM 10 MINUTOS, PARA O ANO HIDROLÓGICO DE SETEMBRO DE 1999 A SETEMBRO DE 2000.

### **3.2.4 Calibração do vertedouro e obtenção da hidrógrafa**

Foi construída uma microbarragem para nivelamento e estabilização do curso d'água na seção de descarga da microbacia. Esta microbarragem foi intercomunicada a um vertedouro, com uma calha do tipo "H" (*H-type-flume*). Acoplado a esta calha foi instalado o Thalimedes, cuja função foi medir a altura do nível da água ao longo do tempo, com precisão ajustada para leitura a cada 5 segundos.

Foram coletados dados da altura linimétrica (cm) e da vazão (L/min)

correspondente à altura, para a posterior calibração do vertedouro, correspondentes à vazão mínima e à vazão máxima.

As hidrógrafas foram registradas com um Thalimedes. Do registro da variação da altura linimétrica e da relação desta altura com a vazão correspondente, foi possível gerar hidrógrafas de vazão em função do tempo, conforme descrito por SUAREZ (1995) e VIANEI (2000).

### **3.2.5 Histórico e estudo do uso da terra**

O histórico da área e algumas características do uso da terra foram obtidos com os agricultores em conversas informais, de modo a garantir a sua espontaneidade (FERNANDES, 1996).

A área de estudo foi percorrida intensamente, e foram anotadas as informações a respeito do uso do solo e suas relações com a cobertura vegetal, com a infiltração, com o armazenamento de água e com a conservação da microbacia.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Índices fisiográficos da microbacia da Rua Nova

Os resultados dos índices fisiográficos estão apresentados no Quadro 2. As características fisiográficas associadas aos solos, aos fatores climáticos e à vegetação exercem influência sobre a produção de água, tanto nos aspectos quantitativos, quanto nos qualitativos. Na microbacia da Rua Nova, observou-se que a fisiografia associada com as características da geologia, do uso do solo e da cobertura vegetal está influenciando os parâmetros hidrológicos como o escoamento superficial e pouco armazenamento de água.

CICCO e FUGIEDA (1992), estudando uma bacia hidrográfica na Serra do Mar, também atribuíram ao clima e às características fisiográficas o resultado do deflúvio. Para SOARES (2000), o movimento da água depende fundamentalmente da morfologia da bacia, por isto seu conhecimento é fundamental para o estabelecimento de estratégias de manejo.

A área de drenagem e o perímetro encontrados para a microbacia da Rua Nova foram, respectivamente, 0,1814 e 2,13 km, caracterizando-a como uma bacia pequena e com boas possibilidades de controle dos fatores hidrológicos que ali interferem. Os divisores topográficos são nítidos e, superficialmente, aparentam drenar toda a água ali precipitada (Figura 1).

Quadro 2 - Índices fisiográficos da microbacia da Rua Nova, Viçosa, Minas Gerais

Características Físicas	Índice
Área	0,18149 km <sup>2</sup>
Perímetro	2,1304 km
Coefficiente de compacidade	1,4002
Fator de forma	0,5669
Ordem da bacia	3 <sup>a</sup> ordem
Densidade de drenagem	4,96 km/km <sup>2</sup>
Padrão de drenagem	Dendríptico
Extensão média do escoamento superficial	0,05 km
Elevação média da bacia	763,23m

Declividade média da bacia  
Altitude máxima  
Altitude mínima  
Declividade do Córrego Rua Nova – S<sub>1</sub>

24,233°  
807 m  
680 m  
0,06 m/m

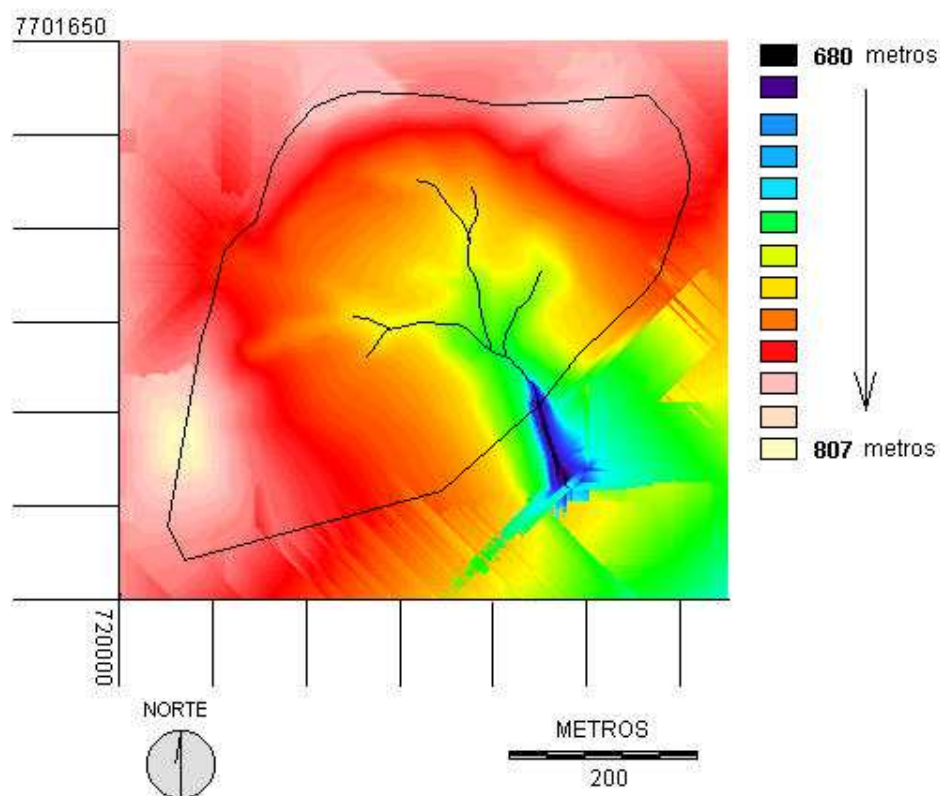


FIGURA 1 - MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA MICROBACIA DA RUA NOVA, VIÇOSA-MG.

Neste trabalho, o formato da bacia foi calculado pelo índice de Gravelius e pelo fator de forma. O valor do índice de Gravelius ( $K_c$ ), que relaciona o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de área igual à da bacia, foi igual a 1,402. De acordo com VILELA (1975), este valor é considerado distante de  $K_c = 1$ , portanto a bacia não pode ser descrita como tendo um formato semelhante ao de uma circunferência.

Nesse caso, pode-se afirmar que a vazão máxima de enchente será menor do que ocorreria caso a bacia tivesse a forma de uma circunferência. Esta forma geométrica apresenta eficiência na produção da vazão máxima,



o que, em casos de chuva convectiva associada com a densa rede de drenagem, pode provocar enchentes.

O formato da bacia influencia o tempo de concentração, ou seja, o tempo decorrido entre o início da precipitação e o momento em que toda a bacia passa a contribuir com o escoamento na seção de deságüe (PRUSKI et al., 1997a).

Quanto maior o tempo de concentração, menor é a vazão máxima da enchente, se mantidas constantes as outras características (VILELA, 1975).

O fator de forma de uma microbacia relaciona a sua área com a área de um retângulo. Este fator é obtido ao dividir a largura média pelo comprimento axial da bacia.

A microbacia da Rua Nova tem largura média igual a 1,118 km e comprimento axial de 1,97 km, resultando em um fator de forma igual a 0,5669, o que corresponde a uma bacia alongada.

Segundo VILELA (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Considerando esta característica, pode-se inferir que a microbacia da Rua Nova não está sujeita a enchentes.

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler, apresenta grau de ramificação de terceira ordem, se considerados os afluentes intermitentes. Durante o período de chuvas foram observadas cinco nascentes (primeira ordem) em atividade, que formam três cursos (segunda ordem) que desembocam em um curso principal de terceira ordem, totalizando 1.906 m de comprimento.

No período de estiagem, foram observadas apenas duas nascentes em atividade. O comprimento total dos cursos foi de 970 m. As outras três nascentes foram consideradas intermitentes.

Esse fato denota a necessidade de otimização da capacidade de armazenamento de água na bacia, por meio de ações que favoreçam a infiltração e a perenicidade do escoamento de base, pois o atual uso do solo, sem nenhum manejo conservacionista, pode estar impedindo que as nascentes aflorem na estiagem.

Ordem inferior ou igual a quatro é comum em pequenas bacias

hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra (CASTRO, 1997).

Considera-se que, quanto mais ramificada a rede, mais eficiente está sendo a drenagem. A água precipitada, após iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão menor até encontrar um curso d'água, e pode formar áreas alagadas nessas bacias. Este percurso é chamado extensão média de escoamento (VILELA, 1975).

Para a área de estudo o valor médio de extensão do escoamento foi de 50 m, valor este considerado pequeno. Uma extensão de escoamento pequena poderia provocar alagamentos em dias de chuvas intensas, mas na bacia em estudo isso não ocorreu, devido à conformação do relevo. A água se acumula nos fundos de vale raramente transbordando a ponto de atingir cursos d'água adjacentes.

O padrão formado pelos cursos d'água da microbacia da Rua Nova caracteriza-se como do tipo dendrítico. Esse padrão ocorre em terras altas, nas quais o regolito e a rocha-mãe oferecem uma resistência relativamente uniforme à erosão (SOARES, 2000).

O relevo e a geologia, principalmente a resistência relativa das rochas e o arranjo das encostas e vales na seqüência dos cursos, influenciam o padrão de drenagem. A região de Viçosa tem formação denominada "Mar de Morros", e freqüentemente nos fundos de vale observa-se a presença de um curso d'água (RESENDE, 1971).

A densidade de drenagem foi calculada mediante o uso do comprimento total dos cursos, quando perenes, o que totalizou 0,97 km. No final do período chuvoso o comprimento total dos cursos chega a 1,9 km.

A densidade de drenagem obtida foi 4,46 km/km<sup>2</sup>, o que caracteriza a bacia como excepcionalmente bem drenada. No entanto, é importante salientar que, apesar desta abundância, o fluxo desses cursos d'água precisa ser constante e sustentável, para que a água possa ser utilizada para fins de irrigação ou construção de bebedouros, por exemplo.

VALENTE et al. (1974) estudaram microbacias na mesma região, porém com capacidade de drenagem um pouco inferior. O valor máximo obtido por esses autores foi 3,0 km/km<sup>2</sup>.

FERNANDES (1996), estudando três sub-bacias inseridas na bacia

do rio Turvo Sujo (próximo à bacia da Rua Nova), encontrou valores de 1,6, 2,6 e 3,5 km/km<sup>2</sup> para densidade de drenagem nas sub-bacias Marengo, Silibar e Palmital, respectivamente.

A DECLIVIDADE MÉDIA DO CURSO D'ÁGUA PRINCIPAL É OUTRO ASPECTO RELEVANTE DA FISIOGRAFIA, POIS INTERFERE NA VELOCIDADE DO ESCOAMENTO DA ÁGUA NO CURSO. NA MICROBACIA DA RUA NOVA A COTA DA NASCENTE PRINCIPAL ENCONTRA-SE A 740 M E O PONTO, CONSIDERADO FÓZ, ENCONTRA-SE NA COTA DE 680 M. O COMPRIMENTO DO CURSO PRINCIPAL ENCONTRADO FOI DE 860 M E O VALOR DE DECLIVIDADE MÉDIA ENCONTRADO FOI DE 0,06 M/M, ESTANDO CONDIZENTE COM A TOPOGRAFIA DA LINHA DE DRENAGEM DESTE CURSO. PORTANTO, NÃO APRESENTA TENDÊNCIA A ENCHENTES, DEVIDO À DECLIVIDADE DO CURSO D'ÁGUA, MAS, SEGUNDO DUBREIL (1985), DEVE-SE ATENTAR PARA O CONJUNTO TOPOGRÁFICO TOTAL DA BACIA, POIS ESTE INTERFERE NA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO.

A nascente principal e as nascentes de menor expressão localizam-se nas porções côncavas entre as fases terraço e meia encosta. São regiões que drenam a água das bacias e são suscetíveis ao encharcamento. De acordo com WHIPKEY e KIRKBY (1979), essas áreas produzem o aumento do nível de saturação do solo porque estão associadas ao fluxo de retorno e, geralmente, participam da área variável de contribuição.

Para CASTRO (1997), o afloramento de água à superfície é o efluxo do escoamento subterrâneo, que, segundo BITTENCOURT (2000), após um evento chuvoso e finalizados os outros processos de escoamentos, receberá a umidade das partes mais altas do terreno, através da percolação no solo até as partes mais baixas, fase terraço.

Como a maior parte dos fatores hidrometeorológicos apresenta variação com a altitude, é útil determinar a distribuição da área da bacia em faixas de altitude (Figura 2, Quadro 3), o que também pode ser representado como uma curva, denominada curva hipsométrica (Figura 3).

A curva hipsométrica permite, também, visualizar a amplitude altimétrica, que é a diferença entre o ponto mais elevado da bacia e a foz (CASTRO, 1997).

A evapotranspiração é muito influenciada pela altitude média, pois quanto maior for a altitude, menor será a quantidade de energia disponível para este fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também

varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração (VILELA e MATTOS, 1977).

No presente estudo, a altitude média da microbacia foi de 763,23 m. A altitude é um fator limitante para implantação de culturas. Projetos de manejo para bacias de altitude elevada devem atentar para tal fato.

A declividade média de uma bacia hidrográfica tem importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciadas serão as enchentes.

Na microbacia da Rua Nova, a declividade média encontrada foi 24,23°, valor condizente com o relevo forte ondulado da região. Este fato, quando associado a outros, como ausência da cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, pode conduzir a elevados valores de escoamento superficial e, conseqüentemente, sujeitar a bacia à degradação.

Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo.

Além da degradação, um aspecto muito importante é a oportunidade de infiltração, e uma vez que a infiltração esteja comprometida, altera-se o reabastecimento do lençol freático, alterando, portanto, a manutenção da vazão.

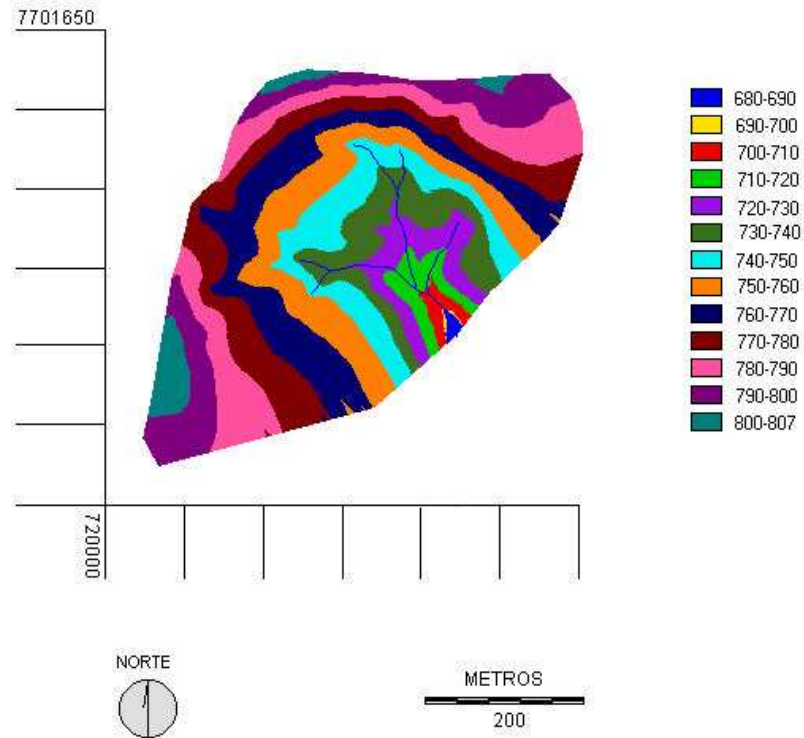


Figura 2 - Classes de altitudes correspondentes à microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG.

Quadro 3 – Amplitudes altimétricas e suas respectivas áreas na microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, área de drenagem: 18,15 ha, escala: 1:5.000

Cotas (m)	Ponto Médio (m)	Área (ha)	Área (m <sup>2</sup> )	Área Acumulada (ha)	%	% Acumulada	Ponto Médio x Área
680 – 690	685	0,0536	536	0,0536	0,295317	0,295317	367.160
690 - 700	695	0,0151	151	0,0687	0,083196	0,378513	120.045
700 – 710	705	0,1999	1.999	0,2686	1,101377	1,479890	1.409.295
710 – 720	715	0,5222	5.222	0,7908	2,877135	4,357025	3.733.730
720 – 730	725	0,9691	9.691	1,7599	5,339394	9,696419	7.025.975
730 – 740	735	1,6691	16.691	3,429	9,196143	18,89256	12.267.885
740 – 750	745	1,8645	18.645	5,2935	10,27273	29,16529	13.890.525
750 - 760	755	2,3604	23.604	7,6539	13,00496	42,17025	17.821.020
760 - 770	765	2,8442	28.442	10,4981	15,67052	57,84077	21.758.130
770 - 780	775	2,5424	25.424	13,0405	14,00771	71,84849	19.703.600
780 - 790	785	2,4134	24.134	15,4539	13,29697	85,14545	18.945.190
790 - 800	795	2,0671	20.671	17,521	11,38898	96,53444	16.433.445
800 - 807	803	0,6291	6.291	18,150	3,466116	100,0006	5.051.673
Total	-	18,15	181.500	-	100	-	138.527.673

$$\text{Altitude média} = \frac{138.527.673}{181.500} = 763,23 \text{ m.}$$

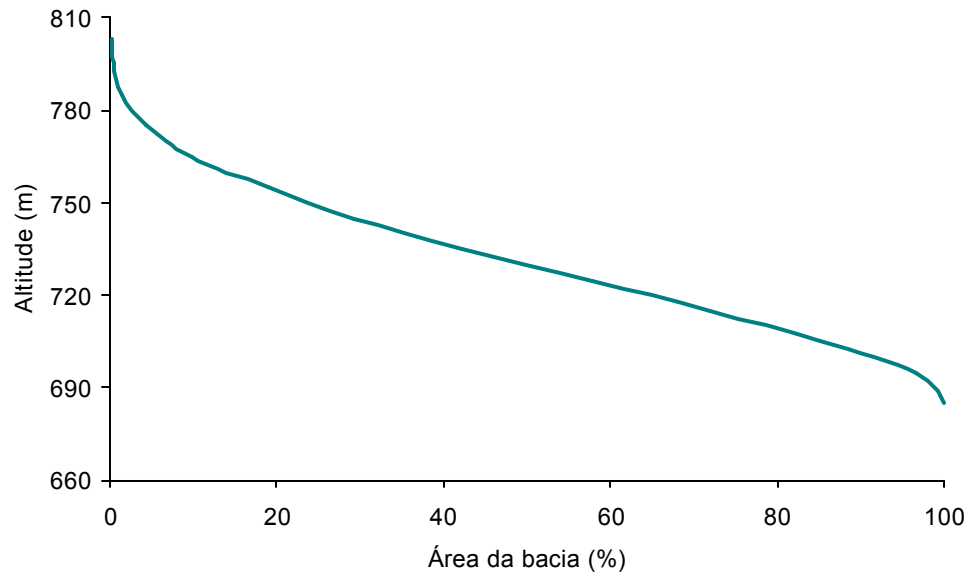


Figura 3 - Curva hipsométrica da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG.

Em bacias declivosas, como a bacia da Rua Nova, que favorecem a ocorrência de enxurradas e não recebem nenhuma prática conservacionista, a erosão é um processo que se instala facilmente. Diversos fatores estão associados à erosão, como a declividade média elevada e o uso inadequado do solo, ou seja, além de sua capacidade de suporte.

Esse último fator impede que o solo esteja coberto pela vegetação. Nesta situação, o impacto das gotas da chuva no solo pode causar o selamento superficial, o escoamento superficial em alta velocidade, o arraste de partículas e, conseqüentemente, a erosão, portanto para o sucesso dos cultivos a adoção de medidas conservacionistas, como curvas de nível, é indicada.

Apenas 3% da bacia (Quadro 4, Figuras 4, 5 e 6) pode ser considerada como tendo um relevo plano ( $0 - 5^\circ$ ); 7% apresenta relevo suave-ondulado ( $5^\circ - 8^\circ$ ), 62% da microbacia apresenta relevo entre  $8,1$  e  $25^\circ$ , característica de relevo ondulado; e 25% apresenta relevo forte-ondulado ( $25 - 45^\circ$ ).

A maior parte da área da bacia estudada apresenta relevo que varia entre ondulado e fortemente-ondulado. Para o agricultor, as condições de

Quadro 4 - Áreas ocupadas por classe de declividade na microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, área de drenagem: 18,15 ha, escala: 1:5000

Dedividade em Graus	Área Ocupada (km <sup>2</sup> )	Área Ocupada (ha)	Total (%)	Acumulada (%)	Declividade Média do Intervalo	Coluna 2 X Coluna 6
0 – 5	0,005655	0,5655	3,115	3,115	2,5°	0,01413
5,1– 8	0,013035	1,3035	7,181	10,296	6,5°	0,5507
8,1 –15	0,055266	5,5266	30,449	40,745	11,5°	0,6355
15,1–25	0,056848	5,6848	31,321	72,066	20°	1,3696
25,1–45	0,045522	4,5522	25,080	97,146	35°	1,5932
> 45	0,005175	0,5175	2,851	99,997	45°	0,2328
Total	0,1815	18,1501	99,997	-	-	4,3959

$$\text{Declividade média} = \frac{4,3959}{0,1815} = 24,23^\circ$$

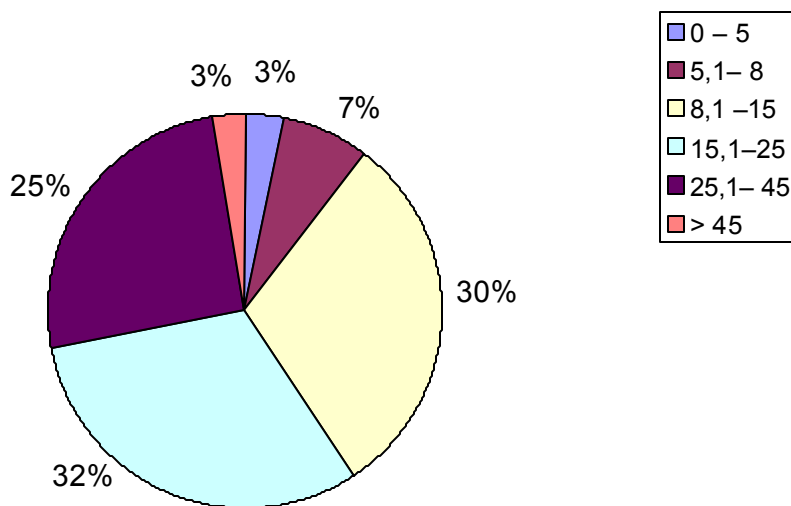


FIGURA 4 - PORCENTAGEM TOTAL OCUPADA POR CLASSE DE DECLIVIDADE, EM GRAUS.

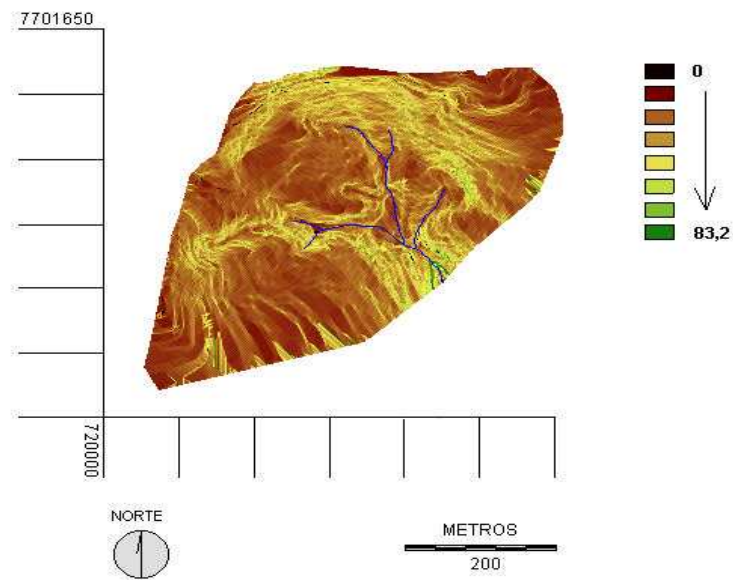


Figura 5 – Distribuição da declividade, em graus, na microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG.

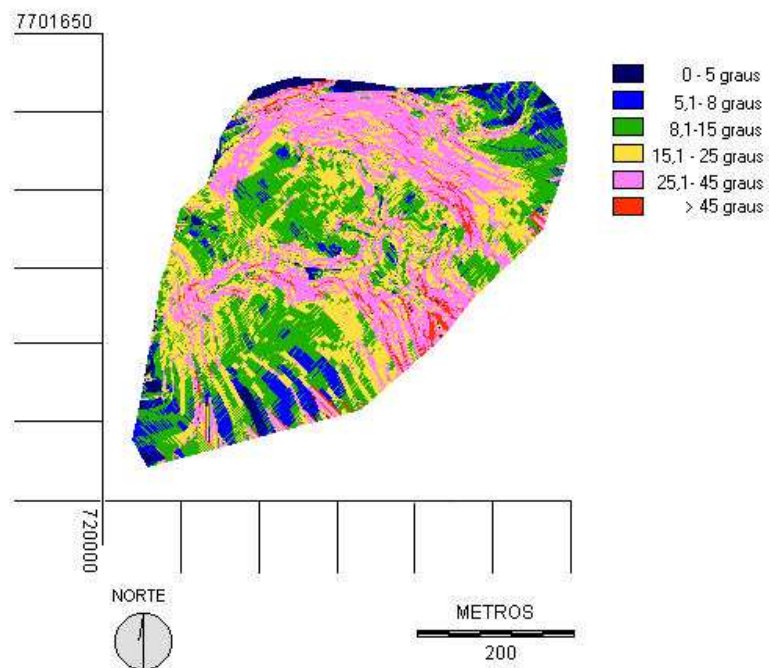


Figura 6 – Áreas reclassificadas por intervalos de declividade da microbacia



da Rua Nova. Viçosa-MG. trabalho das atividades agrícolas que requerem tratos constantes, não são nada favoráveis, além de haver também a dificuldade de mecanização, o que justifica a sua preferência pelo uso da pastagem.

Além do terreno declivoso e suas dificuldades físicas, a pouca mão-de-obra disponível e o tamanho da propriedade contribuem para a escolha da pecuária como alternativa de renda.

FERNANDES (1996), trabalhando em três microbacias próximas à bacia da Rua Nova, encontrou valores semelhantes de distribuição porcentual de terras nas citadas classes de declive, e atribuiu este resultado à pobreza química dos solos e ao pouco uso das terras para cultivos agrícolas. O autor relatou ainda serem esses alguns dos fatores que caracterizam a região como tendo distribuição no perfil fundiário de pequena propriedade, oriunda de herança ou compra por pequenos agricultores.

Aproximadamente 3% da área da microbacia encontra-se em uma declividade igual ou superior a 45° (Figura 4), que, de acordo com a legislação ambiental vigente (Lei nº 4.771, artigo 2, alínea e), corresponde à área de preservação permanente das florestas ou demais formas de vegetação natural existentes.

Parte da área está coberta com capoeira e mata, encontrando-se em boas condições de preservação. Já em outro ponto iniciou-se a construção de uma estrada, e como a área era imprópria para tal obra, seu impacto ambiental resultou em um processo erosivo, em estágio avançado, o que confirma a fragilidade ambiental dessas áreas.

A declividade, dentre outros fatores, é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio.

Uma boa alternativa de uso seria a exploração florestal nas porções mais acidentadas, por meio de programas de fomento florestal, em que o agricultor recebesse apoio para a implantação e colheita. O pólo moveleiro de Ubá-MG, em um programa de abastecimento de matéria-prima, ou as empresas de celulose mais próximas, poderia absorver a produção de madeira.

O ciclo de uma cultura florestal comercial é de no mínimo sete anos,

ou seja, a interferência físico-mecânica nessas áreas seria minimizada e a proteção do solo por meio da vegetação certamente reduziria a degradação do solo.

Na microbacia do Palmital, onde se encontra a nascente que origina o curso principal do rio São Bartolomeu, CAVALCANTE (1993), observou que apenas 64% da área de preservação permanente encontravam-se coberta por florestas. O autor sugere que, por se tratar de uma bacia de captação de água para abastecimento do município, essas porções do relevo deveriam ter sua área coberta por florestas aumentada.

#### **4.2. Distribuição dos solos no ambiente**

A distribuição dos solos na paisagem da área estudada caracterizou os ambientes descritos a seguir: os topos e os segmentos côncavos e convexos estão ocupados, em sua maioria, por Latossolos; nos fundos de vale e leito maior predominam os Podzólicos Vermelho-Amarelos e Argissolos, de acordo com a atual nomenclatura; e nas encostas íngremes encontram-se os Latossolos Cambissólicos e os Cambissolos.

RESENDE et al. (1972), em seu trabalho na região de Viçosa apresentam uma toposequência que configura originalmente as fases do relevo, côncava-convexa-topo-íngreme, terraço ou leito maior e leito menor.

No presente trabalho buscou-se a distinção e a descrição dos ambientes, para melhor contribuir para futuros planos de manejo, uma vez que, conhecidos intimamente, esses ambientes podem ser adequadamente ocupados em função de suas características e de suas relações hídricas.

RESENDE et al. (1992) relataram que a identificação de diferentes ambientes é sempre útil aos usuários de uma determinada área; o que é particularmente válido quando o agricultor quer alocar áreas para diferentes culturas, criação de animais, captação de água, construção de moradia, preservação ambiental etc.

Na fase côncava, região aqui chamada de plano assentado, predomina a classe de solo Argissolo. O uso predominante é com pastagem, degradada em muitos pontos, sendo a principal espécie a grama-batatais (*Paspalum* sp.).

O horizonte A apresentou transição gradual; o contato da lâmina da face com o solo indicava um teor mais elevado de areias, o horizonte B indicava ser mais argiloso, o que de fato foi confirmado com as análises físicas. O local sofre constantemente ação de queimadas indiscriminadas e, por isto, verificou-se presença de carvão em até 10 cm de profundidade.

Na fase íngreme, no Cambissolo, predomina o solo com horizonte C de cor mais rósea e geralmente exposto, o que foi observado em alguns pontos desta fase. No local onde foi aberto o perfil, a classe de solo foi identificada como sendo Latossolo Cambissólico, pois o horizonte B atingia mais do que 50 cm de profundidade. A presença de mica era intensa nessa profundidade.

A presença de cupinzeiros róseos e róseo-avermelhados confirma a presença das duas classes de solos citadas.

É expressiva a presença de focos erosivos, devido ao uso da área como pastagem já muito muito degradada, predominando a cobertura de gramíneas forrageiras como o capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), a grama-batatais (*Paspalum notatum*), a braquiária (*Braquiaria sp.*) e uma reduzida porção de capim-gordura (*Melinis minutiflora*).

O horizonte A apresentou-se muito fraco e estreito, com presença de galerias de formigueiro, onde foi possível observar matéria orgânica da subsuperfície incorporada às paredes. Também eram visíveis locais com uma camada de musgo sobre o solo e nos canais de raízes, o que pode contribuir para impermeabilização da superfície, o que tanto pode interferir na movimentação de água como de nutrientes para as plantas.

Na porção topo de morro, classe Latossolo, o terreno era pouco inclinado, facilitando a mobilidade para o gado. Este conforto ambiental estimula o gado a um pastejo mais intenso, podendo causar adensamento dos horizontes por compactação. No campo, foi possível detectar que o horizonte A estava muito mais compacto que o horizonte B, o que foi confirmado pelas análises físicas. Tal fato pode prejudicar a infiltração de água nesse local, comprometendo a capacidade de recarga do lençol freático e o escoamento subsuperficial.

Observou-se o predomínio de grama-batatais e esparsas reboleiras

de capim-gordura. A pequena ocupação pelo capim-gordura pode estar associada à deficiência de oxigênio, devido à compactação gerada pela pressão de pastejo, uma vez que esta gramínea é citada como sendo exigente em relação à aeração do solo.

Nesse ambiente não foi verificada a presença de cupinzeiros.

A fase íngreme do ambiente, ocupada por capoeira, apresentou características da classe Latossolo. A cobertura vegetal caracterizou-se como transitória entre capoeira e mata, sendo observadas muitas espécies arbóreas em fase juvenil e algumas plantas medicinais, com destaque para a carqueja. O capim-gordura também foi observado em grande quantidade.

Notou-se a presença de quartzo hialino, cascalho, gnaisse melanocrático e mica, especialmente nos horizontes AB e B. As transições entre os perfis eram graduais, com muitas raízes finas. Nos perfis mais superficiais foi observada a presença de minhocas e de galerias de formigueiro.

A fase topo de morro, ocupada por ambiente de mata, apresentou características de Latossolo Vermelho-Amarelo. Foi observada fina camada de serrapilheira, e notou-se a presença de clareiras, provavelmente devido à coleta de lenha pelos transeuntes. Essas clareiras podem estar contribuindo para o aumento no número de formigueiros, uma vez que a tanajura (rainha) prefere locais onde o solo está descoberto, pois facilita a instalação do novo formigueiro.

No horizonte AB foi observada abundância de raízes grossas, com diâmetro de até 1,5 cm. A alta densidade de raízes favorece a infiltração de água.

WHIPKEY e KIRKBY (1979), trabalhando em uma microbacia, relataram que os canais originados de raízes mortas podem aumentar significativamente as características de permeabilidade saturada do solo, principalmente se este solo tiver estrutura fina (solo argiloso, por exemplo) e, ou, camadas bem definidas, o que pode diminuir as taxas de escoamento subsuperficial, pelo fato de o fluxo vertical da água ser privilegiado por esta condição

A fase denominada leito maior neste trabalho, correspondente a uma porção mais baixa da paisagem, é uma porção plana em um fundo de vale,

tendo a amostragem sido feita às margens de um afloramento perene de água. O solo apresentou características da classe Argissolo, com algumas manchas de solos hidromórficos, devido à condição de encharcamento e do acúmulo de matéria orgânica parcialmente decomposta. A área estava muito pisoteada, pois o gado utiliza esse local para dessedentação, contaminando a fonte de água com urina e fezes.

Seria ideal que os ambientes que apresentam nascentes tivessem esses afloramentos adequadamente cercados, limitando o acesso ao gado, pois DADEK (1970), pesquisando as microbacias da região de Viçosa, atribuiu aos dejetos da pecuária a maior parcela de contaminantes dos cursos d'água.

Segundo o autor, as fezes contribuem para aumentar o teor de matéria orgânica, facilitando a proliferação de bactérias e a conseqüente eutrofização da água, além da provável proliferação de doenças. Entretanto, há de se pensar em uma alternativa para canalizar a água das nascentes para um bebedouro.

#### **4.3. Caracterização física e química dos solos no ambiente**

Em linhas gerais, verificou-se que para todas as amostras o caráter argiloso é predominante nos solos estudados (Quadro 4), sendo os horizontes B de cada ambiente aqueles que apresentaram maior teor de argila, destacando-se dentre as amostras desse horizonte aquela que foi coletada no ambiente de mata (70 dag/kg) e a amostra coletada na fase leito maior, próxima à nascente (63 dag/kg).

De acordo com CORRÊA (1984), esse resultado reflete as condições de sedimentação, pois o terraço seria a trajetória final de deposição.

A mata, sendo um ambiente mais preservado ou mais protegido, dificulta o arraste das partículas de argila, o que provavelmente explica o maior teor do mineral nesse local.

A fração silte serve como indicadora do grau de intemperização do solo ou do potencial dele conter minerais primários facilmente intemperizáveis, ou seja, de acordo com RESENDE et al. (1999), tem-se

um indicativo da reserva em nutrientes.

QUADRO 4 – GRANULOMETRIA, ARGILA DISPERSA EM ÁGUA (ADA),  
RELAÇÃO SILTE/ARGILA E CLASSE TEXTURAL DOS SOLOS  
DA MICROBACIA DA RUA NOVA

Horiz.	Prof. (cm)	Areia		Silte	Argila	ADA	Silte		Classe Textural
		Grossa	Fina				Argila		
g kg <sup>-1</sup> %									
<b>Assentado – Argissolo</b>									
A	0-15	41	16	12	31	11,93	0,38	Franco-argilo-arenosa	
B	40-60+	26	12	9	53	2,45	0,16	Argila	
<b>Vertente íngreme – Cambissolo</b>									
A	0-10	23	13	18	46	19,13	0,39	Argila	
B	40-60+	17	13	23	47	6,78	0,48	Argila	
<b>Topo de morro – Latossolo</b>									
A <sub>t</sub>	0-22	34	12	5	49	7,85	0,10	Argilosa	
AB	40-60+	20	10	6	64	15,04	0,09	Muito argilosa	
<b>Vertente íngreme – Capoeira</b>									
A <sub>t</sub>	0-10	35	19	18	28	9,43	0,64	Franco-argilo-arenosa	
AB	10-17	29	20	21	30	13,87	0,70	Franco-argilo-arenosa	
BA	17-35	30	18	16	36	17,44	0,44	Argilo-arenosa	
B	35-60+	23	15	16	46	8,47	0,34	Argila	
<b>Topo de morro – Latossolo</b>									
A <sub>t</sub>	0-20	26	11	5	58	9,43	0,08	Argila	
AB	40-60+	17	8	5	70	17,19	0,07	Muito argilosa	
<b>Leito maior – Argissolo</b>									
A	0-12	30	19	18	33	15,40	0,54	Franco-argilo-arenosa	
AB	12-40	31	18	19	32	12,09	0,59	Franco-argilo-arenosa	
B	40-80+	17	12	8	63	19,53	0,12	Muito argilosa	

As partículas do tamanho de areia e silte, sob a ação do intemperismo, transformam-se em argila, que é geralmente mais resistente e menos rica em reserva de nutrientes do que o material que lhe deu origem. Os minerais resistentes permanecem sob o tamanho de areia e a fração silte fica, então, sendo o ponto de máxima instabilidade em relação ao intemperismo, isto é, somente os solos mais novos ou os que se localizam nas regiões mais conservadoras do ambiente é que apresentaram alto teor de silte.

Segundo RESENDE et al. (1972), os solos mais desenvolvidos, ou

menos conservados, encontram-se no segmento convexo da toposequência, porque os solos dos atuais topos não correspondem, na sua maioria, ao pediplano original. Os solos das encostas íngremes são os menos desenvolvidos, devido ao contínuo rejuvenescimento dos solos desses locais.

Elevado teor de silte foi percebido nas porções mais íngremes (Cambissolo e capoeira), solos jovens, e no leito maior, próximo à nascente da microbacia, cujas amostras apresentaram valores entre 16 e 23 dag/kg respectivamente, se comparados com os teores do plano topo de morro, que em seu horizonte AB apresentou teor de silte de 5 dag/kg (Quadro 4).

QUINTEIRO (1997) obteve resultados muito semelhantes para as frações silte (18-22 dag/kg) nas fases do relevo leito maior e vertente íngreme, trabalhando em uma microbacia em região próxima à microbacia da Rua Nova.

Os altos valores de silte no leito maior ou no terraço, de acordo com o autor, parecem estar relacionados, além da deposição natural, com o fato de o material ser, em parte, proveniente do horizonte C dos solos das elevações, o que também parece ser verdadeiro, no trabalho ora em discussão.

Exceto para as amostras retiradas em vertentes íngremes sob capoeira, a relação silte/argila apresentou valores inferiores a 0,530.

Segundo QUINTEIRO (1997), valores dessa magnitude são indício de um estágio de intemperização bem avançado para esses tipos de solos.

Os ambientes mais instáveis podem ser identificados por meio de critérios simples e de abrangência local, dentre eles a profundidade de alguns horizontes do solo ou a presença de um mineral indicativo (RESENDE et al., 1992).

O silte e as partículas de argila, devido aos seus reduzidos diâmetros, estando em ambientes onde o solo esteja exposto às intempéries, podem, se lixiviados para o interior do solo, formar uma camada impermeável na camada mais superficial do solo, chamada de selo superficial ou encrostamento.

Quando chove, por exemplo, essas partículas podem sofrer o impacto das gotas da chuva, podendo ser desagregadas e seu turbilhonamento, então, vedar os poros e impedir a infiltração, o que, conseqüentemente, aumenta o escoamento superficial. Desta forma, pode-

se esperar menor recarga do lençol freático. O encrostamento também pode dificultar a emergência de plântulas.

No caso da microbacia da Rua Nova, há o agravante de a área apresentar alta porcentagem de terrenos declivosos, pois estes contribuem para aumentar a velocidade do escoamento de água sobre o solo, podendo então dar-se o início do processo de carreamento de partículas e matéria orgânica, aumentando ainda mais a exposição do solo.

Foi possível visualizar essa situação na fase vertente íngreme, cuja classe de solo predominante é o Cambissolo, com altos teores de silte e com declividade acentuada, onde era possível ver as maiores extensões de solos expostos na bacia e o início de vários focos erosivos.

COSTA (2000) cita que Mannering (1967), após estudar as relações de algumas propriedades físicas e químicas dos solos no processo de selamento superficial, encontrou evidências para inferir que os solos diferem bastante em relação à formação de encrostamento superficial, indicando que a textura seria o fator mais influente neste processo.

Nesse sentido, COSTA (2000) mostra que solos com altos teores de silte formaram crostas muito rapidamente, quando expostos à chuva simulada de alta intensidade durante um intervalo de 15 a 20 minutos, causando drástica redução na taxa de infiltração.

Trabalhando com diferentes coberturas vegetativas e variados níveis de degradação, o autor notou que solos com baixos teores de partículas médias e finas e com altas porcentagens de matéria orgânica não apresentaram problemas sérios de encrostamento.

Dessa forma, os altos teores da fração silte, encontrados principalmente no horizonte A dos solos estudados, mostram que estes são bastante propensos à formação de encrostamento. Tal fato evidencia que o seu manejo deve sempre estar associado a práticas que mantenham a sua cobertura natural ou que aumentem a produção de material orgânico, evitando com isso que fiquem expostos à erosividade das chuvas.

As análises físicas também revelaram aumento da densidade do solo quando analisados os horizontes de subsuperfície de alguns ambientes como no assentado, Argissolo e no íngreme, Cambissolo (Quadro 5), o que pode estar associado a maiores teores de matéria orgânica na superfície ou



à reduzida ação antrópica.

Quadro 5 – Densidade, porosidade, equivalente umidade, umidade inicial e condutividade hidráulica para os diferentes ambientes

Amostra	Horiz.	Prof. --- cm ---	Densidade		Porosi- dade	Equiva- lente Umidade	Umidade Inicial	Condutiv. Hidráulica
			Solo	Partícula				
			g.cm <sup>-3</sup>		%		--- cm h <sup>-1</sup> ---	
<b>Assentado – Argissolo</b>								
Argis	A	0-15	1,8067	2,56	26,95	21,20	21,5	2,9
	Bt	40-60+	1,9255	2,60	25,94	29,17	28,0	
<b>Íngreme – Cambissolo</b>								
Cam	A	0-10	1,5713	2,60	39,56	34,09	28,2	29,4
	Bi	40-60+	1,6273	2,74	40,61	36,53	30,7	
<b>Topo – Latossolo</b>								
Lat	A <sub>1</sub>	0-22	1,6863	2,56	34,12	22,27	24,9	12,4
	AB	40-60+	1,5213	2,63	42,15	28,91	28,9	
<b>Íngreme – Capoeira</b>								
Capo	A <sub>1</sub>	0-10	1,8271	2,63	30,52	23,17	26,4	16,7
	AB	10-17	1,7157	2,67	35,74	22,94	24,8	
	BA	17-35	1,7549	2,74	35,95	25,34	26,7	
	Bw	35-60+	1,7702	2,63	32,69	29,82	26,9	
<b>Mata – Latossolo</b>								
Mat	A <sub>1</sub>	0-20	1,63	2,63	38,02	26,97	24,5	24,4
	AB	40-60+	1,52	2,70	43,70	30,60	27,1	
<b>Leito maior – Argissolo</b>								
Nasc	A	0-12	2,25	2,60	13,46	25,64	16,9	11,7
	AB	12-40	2,23	2,53	11,85	34,39	21,0	
	Bt	40-80+	2,03	2,74	25,91	24,18	34,0	

KHIEL (1979) sugeriu que o aumento da densidade à medida que a profundidade aumenta também pode estar relacionado com a movimentação de material fino dos horizontes superiores para os inferiores, por eluviação, o que também concorre para reduzir os espaços porosos, ou com a pressão exercida pelas camadas superiores sobre as subjacentes, provocando o fenômeno da compactação.

Essa explicação é mais adequada para o ambiente íngreme - Cambissólico, pois a pressão de pastejo e a cobertura rala da vegetação não explicam um horizonte A menos denso. Porém, como já discutido, a

presença de partículas finas instáveis no ambiente e o volume de raízes neste horizonte também podem estar contribuindo para a maior porosidade.

No entanto, os solos estratificados, como no ambiente citado, com diferenças estruturais e granulométricas entre os horizontes A e B, sendo a camada inferior menos permeável, poderá ter limitado o fluxo vertical, e prevalecer o escoamento subsuperficial quando a declividade assim o permitir, já que se espera saturação do horizonte A.

WHIPKEY e KIRKBY (1979) verificaram que a magnitude do escoamento subsuperficial em relação à água que se infiltra no solo vai depender da permeabilidade absoluta de cada solo e da permeabilidade relativa entre as camadas.

BITTENCOURT (2000) alertou que os solos estratificados com diferenças estruturais marcantes entre os horizontes A e B podem apresentar características limitantes ao fluxo vertical, se a camada inferior for menos permeável que a superior. Neste caso, ou o escoamento subsuperficial é favorecido (quando a declividade assim permitir) ou o horizonte A tenderá a limitar a taxa de infiltração, por ser suscetível à saturação.

Os maiores valores para densidade do solo (Quadro 5) são observados nos horizontes superficial e subsuperficiais (2,25, 2,23 e 2,03 g cm<sup>-3</sup>) da fase leito maior, próximo à nascente, o que pode ser explicado pelas pressões exercidas sobre o terreno. Observou-se que o local é intensamente pisoteado pelo gado, que utiliza a fonte de água, e por transeuntes que por ali passam a caminho do trabalho. Foi possível identificar a compactação do solo durante a abertura do perfil.

Outro local que apresentou densidade alta, provavelmente devido à pressão de pastejo, foi o horizonte A do ambiente topo de morro – Latossolo, situação contrária ao desejável para uma região onde deveria prevalecer um manejo favorável à infiltração de água no solo, primordialmente. O local é propício ao pastejo por ser pouco inclinado, sendo este fator provavelmente o responsável pelo adensamento do horizonte.

Além do conforto físico ofertado ao animal pela baixa declividade, esta característica favorece também a regeneração da pastagem, pois o ambiente é mais conservador em nutrientes e em água disponíveis às

plantas, aumentando, portanto, a oferta alimentar.

Entretanto, os solos não podem receber uma pressão além de sua capacidade de suporte. As regiões intensamente pastejadas ou mecanizadas têm geralmente solos mais compactados. A compactação do solo afeta a estrutura, o arranjo e o volume dos poros, a aeração e as características de retenção de água.

Segundo GIACOVETTA (1990), a compactação reduz a porosidade total e afeta principalmente a porosidade não-capilar, o que é uma das razões pelas quais as áreas cultiváveis apresentam menor infiltração do que as áreas florestadas.

Os solos compactados também podem funcionar como um impedimento físico ao estabelecimento de culturas, mas REICHARDT (1990) considera difícil avaliar o efeito da compactação sobre a produtividade de uma dada cultura.

Os diferentes arranjos estruturais ou a geometria das partículas, a atividade da fauna e da flora e os diferentes usos do solo determinam a quantidade e a natureza dos poros existentes, propiciando grande variação na taxa de infiltração, na aeração e na disponibilidade de nutrientes.

Um solo de textura mais grosseira pode transportar um maior volume de água, e mais rapidamente, quando saturado ou próximo da saturação, enquanto outro solo de textura mais fina não terá essa mesma capacidade.

Para BITTENCOURT (2000), os solos mais porosos facilitam a infiltração e, por sua boa drenabilidade, são menos propensos à saturação hídrica.

Segundo o autor, em condições de solo mais seco, os poros interconectados do solo de textura fina ainda estarão saturados (devido à maior tensão capilar), portanto, o seu fluxo continuará com praticamente as mesmas características. Já o solo grosseiro, por possuir poucos poros de pequenas dimensões, apresentará um fluxo bem menor do que em condições de saturação.

Portanto, pode-se inferir que não só a infiltração, mas a disponibilidade de água para as plantas serão influenciáveis pela

porosidade.

Nos ambientes cobertos por mata ou capoeira (Quadro 5), é possível notar variações na porosidade entre 24 e 30%, o que pode ser atribuído à maior presença de matéria orgânica e aos canais de fluxo preferencial, formado por raízes nos horizontes. Entretanto, destacam-se os valores encontrados para o ambiente íngreme, pobre em material orgânico, apresentando horizontes com porosidade entre 34 e 36%. Estes valores, possivelmente, estejam relacionados com o tamanho das partículas, que são mais grosseiras.

Os ambientes onde se depositam os sedimentos, presumivelmente, deveriam apresentar menor porosidade. Este fato foi verificado na maioria de seus horizontes, exceto para o horizonte AB próximo à nascente, cuja porosidade corresponde a 34%, o que pode ser explicado pela expressiva presença de canais subterrâneos, construídos por formigas.

BITTENCOURT (2000), estudando uma microbacia próxima a Curitiba-PR, também atribuiu ao habitat de insetos e anelídeos, bem como ao desenvolvimento radicular da cobertura vegetal, uma maior porosidade encontrada nos horizontes estudados por este autor.

Para propiciar uma boa infiltração, além de a porosidade, a condição de umidade antecedente é muito importante, pois determinará o potencial capilar na superfície do solo.

Ignorando outros fatores, pode-se dizer que um solo mais seco terá capacidade inicial de infiltração mais alta do que se ele estivesse com uma maior taxa de umidade, pois de acordo com KIEHL (1979), BRAKENSIEK et al. (1982), REICHARDT (1996) e BITTENCOURT (2000), em um solo mais seco o umedecimento da camada superior provoca um forte efeito de capilaridade, que junto com a gravidade facilita a infiltração.

Os valores de umidade inicial, observados para as amostras dos ambientes da microbacia da Rua Nova, apresentaram-se próximos dos valores observados para umidade equivalente, o que teoricamente corresponde ao valor da capacidade de campo.

Pode-se supor que, de fato, os ambientes amostrados continham água à pressão da capacidade de campo, considerando que a coleta foi

realizada cinco dias após a ocorrência de um evento chuvoso.

A umidade antecedente dependerá das características de retenção de água do solo, do volume de precipitação das chuvas anteriores e da evapotranspiração (condicionada à cobertura do solo e a os fatores climáticos, como vento e temperatura).

A condutividade hidráulica saturada de campo apresentou muitas variações de um ambiente para outro (Quadro 5). Essa propriedade é específica de cada classe de solo, pois os fenômenos da movimentação da água no solo são muito dinâmicos e influenciados pelas camadas subjacentes.

Daí a importância de esse dado ser obtido em condições de campo, para maior precisão no valor da capacidade do solo de conduzir água, em resposta aos diferentes gradientes hidráulicos.

Quanto mais rapidamente o solo conduzir água em condições saturadas, menores são as possibilidades de escoamento, pois tendo boas condições de redistribuição interna as camadas superiores do solo vão recuperando sua capacidade de infiltração.

Nos ambientes denominados assentado (2,9 cm/h) e leito maior (11,7 cm/h), que são locais mais compactados, o valor da condutividade hidráulica foi muito baixo, mostrando que nestes ambientes, provavelmente devido ao uso do solo e ao arranjo das partículas, há tendência de ocorrer condutividade deficiente.

No topo de morro era esperada alta condutividade, devido ao seu arranjo de partículas e à sua estrutura, no entanto, o valor encontrado 12,4 cm/h não correspondeu à expectativa, devido à compactação.

De acordo com BITTENCOURT (2000), após um evento chuvoso, e finalizados os processos de escoamento superficial e subsuperficial, a umidade restante no solo tende a se redistribuir em uma encosta. A parte mais alta da encosta começa rapidamente a “dessaturar”, ou seja, vai transmitindo umidade para as partes mais baixas da encosta, até atingir um estado de equilíbrio, alimentando o escoamento de base.

Porém, tal fato só vai ocorrer se preservadas as condições para uma boa infiltração e ainda se a topografia e a baixa condutividade não

favorecerem os escoamentos superficiais e subsuperficiais.

No terraço, na porção próxima à nascente, é desejável que o solo apresente baixa condutividade, pois do contrário o escoamento de base seria rapidamente liberado para o deflúvio. Assim sendo, a água é cedida paulatinamente ao curso d'água presente neste ambiente. Por outro lado, nos topos de morro é benéfico que o solo apresente alta condutividade, favorecendo a velocidade de infiltração das águas provenientes das chuvas, a fim de armazenar o máximo possível de água, que será redistribuída no perfil até alcançar o lençol freático.

Sendo os topos de morro considerados a “caixa-d'água” da bacia, por suas características edáficas, que permitem altas taxas de infiltração, devido à sua estrutura, e por sua alta capacidade de armazenamento, devido à profundidade do regolito, há de se privilegiar uma ocupação para o solo que possibilite recuperar sua capacidade na condução de água nas microbacias.

Na bacia da Rua Nova, percebe-se que tal fato não está ocorrendo. O solo dos topos dos morros da microbacia, geralmente Latossolos, por apresentarem uma estrutura granular, são mais permeáveis e bons condutores de água, porém o uso inadequado dessas áreas torna-os adensados, compactados e pouco permeáveis, acarretando prejuízos na infiltração e no armazenamento de água.

O maior valor de condutividade hidráulica encontrado (29 cm/h) foi no ambiente vertente íngreme - Cambissolo, onde o solo é mais jovem, mais arenoso e com mais macroporos. É de se esperar que, caso não haja turbilhonamento, a água seja conduzida mais rapidamente no perfil.

A segunda maior condutividade foi encontrada no ambiente de mata (24,4 cm/h), que apesar de ser um solo argiloso apresentou boa condutividade devido à sua permeabilidade, conferida pelos caminhos preferenciais formados por raízes e pela fauna do solo.

KER (1985), trabalhando em outro local na região de Viçosa-MG, realizou ensaios de condutividade semelhantes, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. Os resultados de condutividade hidráulica encontrados foram de 23,1 e 20,9 cm/h, em condições de campo e laboratório, respectivamente.

Os valores de pH para todos os solos analisados confirmam seu caráter ácido (Quadro 6).

Quadro 6 – Características químicas de solos das amostras dos perfis dos ambientes estudados

Solo	Horizonte	pH	Complexo Sortivo										Mat. Orgânica	
		H <sub>2</sub> O	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al	SB	(t)	(T)	V		m
		----- mg dm <sup>-3</sup> -----						----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----			--- dag kg <sup>-1</sup> ---
Arg	A	5,6	3,8	35	1,0	0,4	0,3	5,28	1,49	1,79	6,77	22,0	16,8	3,06
	Bt	5,6	0,6	10	0,2	0,0	0,3	3,30	0,23	0,53	3,53	6,5	56,6	0,86
Cam	A	4,7	2,1	21	0,2	0,1	1,3	8,91	0,35	1,65	9,26	3,8	78,8	4,99
	Bi	4,8	0,4	9	0,1	0,0	0,7	3,63	0,12	0,82	3,75	3,2	85,4	1,53
Lat	A <sub>1</sub>	4,6	1,3	29	0,3	0,1	1,2	9,24	0,47	1,67	9,71	4,8	71,9	4,52
	AB	4,8	0,0	9	0,1	0,0	0,8	6,93	0,12	0,92	7,05	1,7	87,0	2,46
Cap	A <sub>1</sub>	4,5	0,7	75	2,8	1,1	0,0	3,96	4,09	4,09	8,05	50,8	0,0	3,13
	AB	5,6	0,2	26	2,3	0,8	0,0	2,97	3,17	3,17	6,14	51,6	0,0	1,60
	BA	5,7	0,0	18	1,9	0,9	0,0	2,31	2,85	2,85	5,16	55,2	0,0	0,93
	Bw	5,8	0,0	18	1,9	1,4	0,0	1,98	3,35	3,35	5,33	62,9	0,0	0,80
Mat	A <sub>1</sub>	4,4	1,7	30	0,1	0,1	1,5	9,57	0,28	1,78	9,85	2,8	84,3	4,66
	AB	4,7	0,4	11	0,1	0,0	0,9	6,60	0,03	0,93	6,63	0,5	96,8	2,46
Nas													95,2	
	A	5,3	2,2	31	0,9	0,2	0,2	4,55	1,03	1,72	5,43	17,8	17,9	2,11
	AB	5,1	1,0	14	0,3	0,0	0,1	3,20	0,97	0,76	2,67	3,45	46,1	1,13
	Bt	5,7	1,7	15	0,2	0,0	0,0	2,31	1,10	0,98	3,12	3,30	49,8	1,08



FERNANDES (1996) encontrou valores semelhantes para três microbacias pertencentes ao domínio da bacia do rio Turvo Sujo, localizada na região do município de Viçosa.

Os solos são de baixa fertilidade natural. Os teores de bases trocáveis e CTC (Quadro 6) são muito baixos e tendem a decrescer com a profundidade. Teores de bases trocáveis um pouco mais elevados nas camadas superficiais ocorrem, provavelmente, devido ao processo de ciclagem de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica.

Os valores de bases trocáveis foram superiores no ambiente de capoeira, o que é atribuído à incorporação da matéria orgânica e à baixa permeabilidade deste solo, mantendo os nutrientes em um sistema mais conservador.

Os solos das elevações são menos férteis, por serem menos conservadores de nutrientes; perdem mais por erosão, por serem declivosos; e ainda por lixiviação, por serem mais porosos do que os ambientes dos terraços.

Os teores de cálcio e magnésio foram baixos na maior parte das amostras, sendo inexistentes em alguns horizontes, embora a rocha de origem apresente biotita, que contém magnésio em sua estrutura.

FERNANDES (1996) obteve resultados semelhantes e concluiu que eles eram devidos ao intemperismo.

Os teores de matéria orgânica foram maiores no horizonte A e nas fases topo de morro, nos ambientes de mata e de pastagem.

Dentre os nutrientes, aquele que se apresentou de forma mais abundante nos ambientes foi o potássio, mesmo assim variando muito, em suas quantidades, de um ambiente para outro.

Em um processo de recomposição vegetal, a microbacia precisa de correção da acidez e adubação para melhorar seu quadro de fertilidade e sustentar plantios, sejam eles para incremento das pastagens ou para cultivos arborícolas.

#### 4.4. Regime hidrológico

As chuvas que caíram sobre a área de estudo, de setembro de 1999 a setembro de 2000, atingiram um valor aproximado de 946,7 mm, com distribuição irregular ao longo dos meses de medição, porém com períodos secos e chuvosos nítidos, e com máximas em outubro, novembro e janeiro, conforme os dados apresentados no Quadro 7 e a representação na Figura 7.

Quadro 7 – Precipitação mensal acumulada na microbacia da Rua Nova, em Viçosa-MG, durante o período de 1º/9/99 a 30/9/2000

Meses	Precipitação Mensal Acumulada (mm)
Setembro-1999	36,6
Outubro	85,1
Novembro	288,2
Dezembro	61,6
Janeiro	235,9
Fevereiro	75,7
Março	98,0
Abril	14,6
Maió	0
Junho	12,9
Julho	6,5
Agosto	10,5
Setembro-2000	21,1
<b>Total</b>	<b>946,7</b>

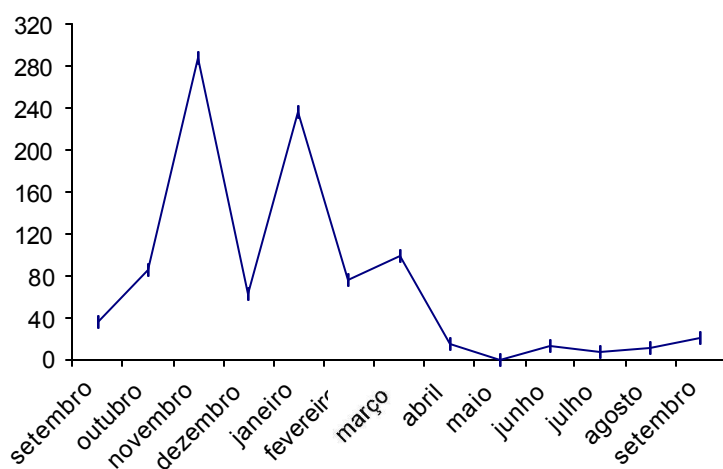


Figura 7 – Regime pluviométrico ocorrido na microbacia da Rua Nova, Viçosa, MG, no período de 1º/9/99 a 30/9/2000.

No período citado, verificou-se um marcante veranico, entre 28 de novembro e 19 de dezembro de 1999. Este fenômeno costuma ter uma recorrência anual na região, sendo uma informação importante para o calendário agrícola e silvícola. Este período seco provoca a dessaturação das camadas mais superficiais para as inferiores do solo e, dependendo do seu potencial mátrico, a água pode temporariamente tornar-se indisponível para as plantas, comprometendo a produção, caso se atinja o ponto de murcha permanente.

Para o plantio de árvores e algumas culturas perenes, o preparo do solo deve preferencialmente ser iniciado até agosto e a implantação da cultura deve ser feita até o final de setembro, aproveitando desta forma um clima favorável e evitando a perda da lavoura com veranicos, pois espera-se que a planta obtenha uma maturidade fisiológica que lhe confira alguma resistência para o caso de déficit hídrico.

O clima da região de Viçosa está classificado, entre outras características, segundo Köppen, como sendo Cwb, cujos verões são chuvosos e os invernos secos, conforme é possível confirmar na Figura 7.

No mês de maio de 2000 não foi registrada nenhuma precipitação pelo pluviógrafo, sendo este, portanto, este o mais seco do período de estiagem. O mês de novembro de 1999 foi o que apresentou maior intensidade de chuvas, com total de 288,2 mm, seguido pelo mês de janeiro, com 235,9 mm.

O valor médio de precipitação anual para Viçosa é de 1.250 mm e o valor encontrado no presente trabalho correspondeu a 946,7 mm. Esta diferença pode estar associada a uma distribuição anormal das chuvas no período de estudo.

Os hietogramas apresentados nas Figuras 8 e 10 representam precipitações de diferentes alturas, em diferentes períodos. A figura 15 representa uma chuva de altura igual a 27,2 mm, ocorrida no final da estiagem, e a Figura 17 representa uma chuva de 52,7 mm, ocorrida no período chuvoso anterior ao veranico, quando o solo se encontrava abastecido pela água.

Nas hidrógrafas apresentadas (Figuras 9 e 11), verifica-se que após a ocorrência de uma seqüência de precipitação existe um intervalo de tempo

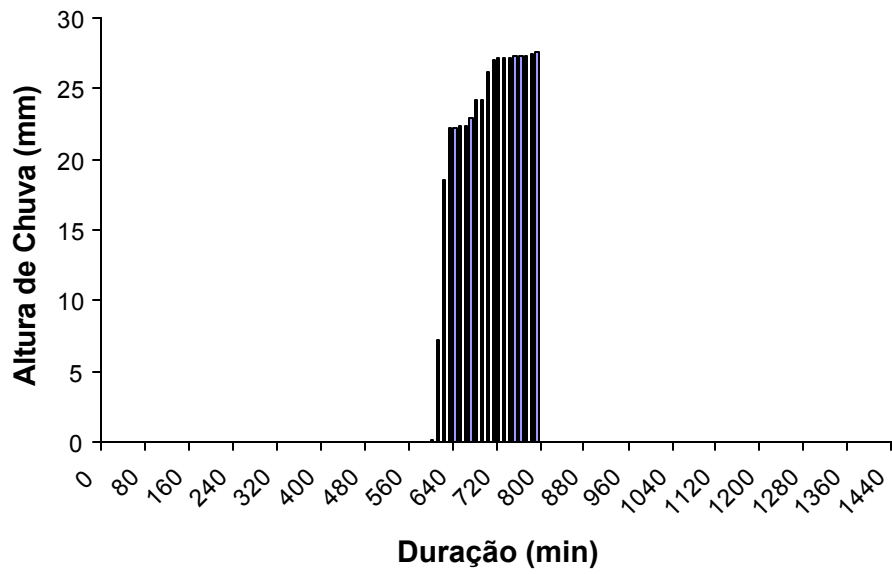


Figura 8 – Hietograma correspondente à precipitação ocorrida no dia 22/9/1999.

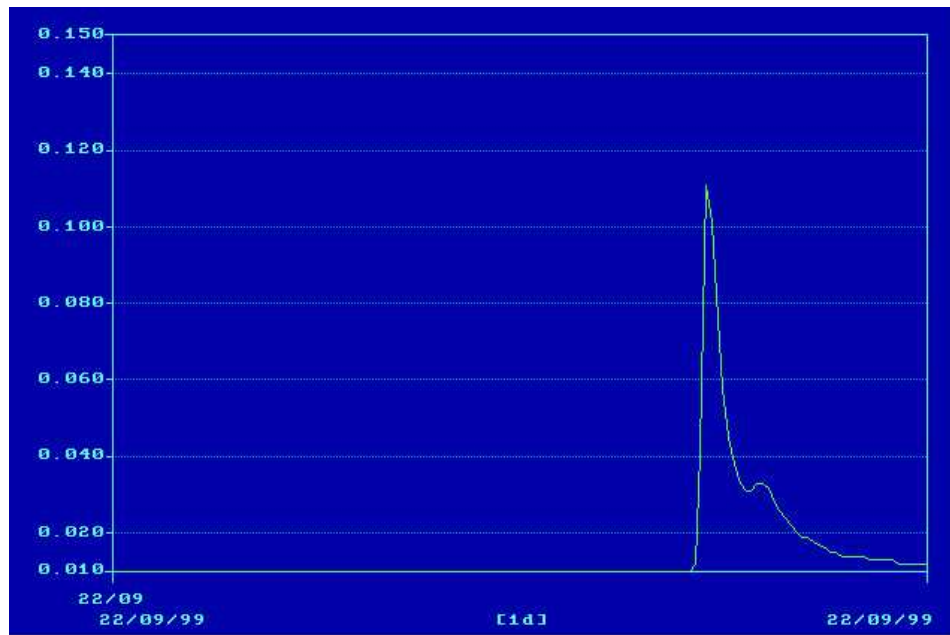


Figura 9 – Hidrograma correspondente ao dia 22/9/1999.

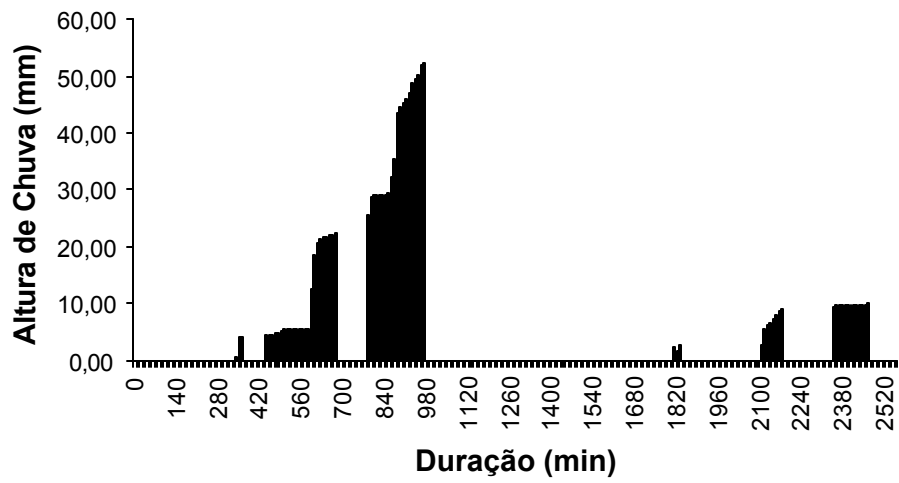


Figura 10 – Hietograma correspondente aos dias 19 e 20/10/1999.

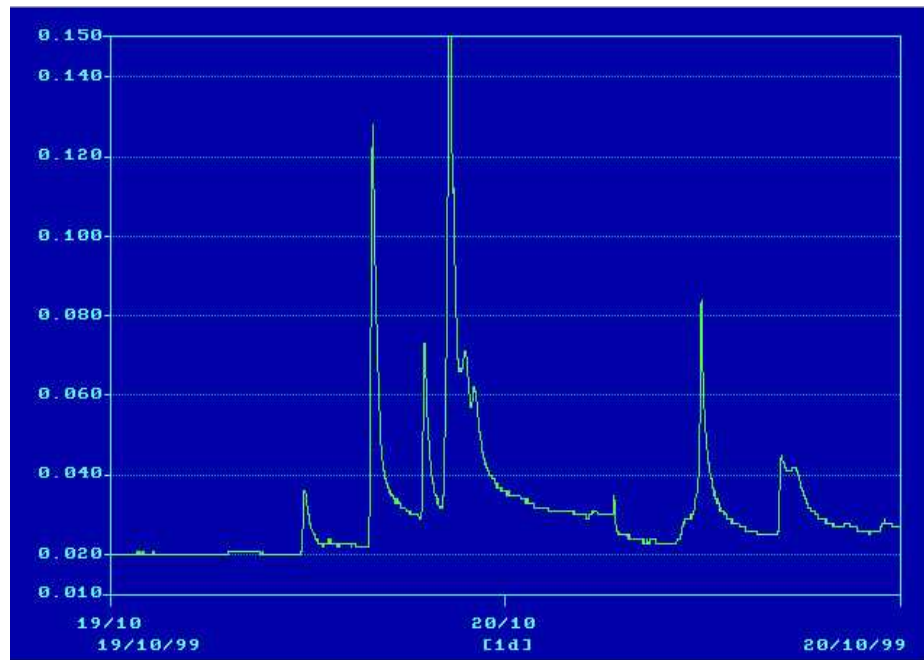


Figura 11 – Hidrógrafa correspondente aos dias 19 e 20/10/1999.

em que o nível de água no curso começa a elevar-se. Este tempo retardado de resposta deve-se às perdas iniciais por interceptação vegetal e por acúmulos em depressões do solo, além do próprio retardo de resposta da bacia devido ao tempo de deslocamento da água na mesma.

A elevação da curva de vazão até o pico apresenta o gradiente do deflúvio correspondente ao escoamento superficial e reflete a resposta da bacia à precipitação que incide sobre ela. Quando a chuva cessa, a curva da hidrógrafa apresenta uma recessão até o ponto de inflexão, onde se caracteriza a expressão única do escoamento de base.

Segundo PRUSKI (1997), iniciado o processo de infiltração, primeiramente uma porção da chuva se infiltra no solo. Essa infiltração depende da capacidade de infiltração, da umidade antecedente, da condutividade hidráulica saturada do solo e do tipo de cobertura vegetal sobre este. Atingida a saturação do solo, a água começa a empoçar e depois a escorrer sobre o terreno. Neste trabalho, tais afirmações foram evidentes.

O tempo para início do processo de escoamento é muito influenciado pelo teor de umidade do solo, sendo mais rápido quando o solo está parcialmente saturado (Figura 11).

É possível observar na hidrógrafa correspondente ao início do período chuvoso, ou seja, em 22 de setembro (Figura 16), que o escoamento superficial ocorre, porém o seu volume é menor do que se comparado com o volume de escoamento superficial e com o tempo de resposta ocorridos em relação à uma precipitação em plena época de chuvas intensas (Figura 11).

Isto se deve ao fato de que no final do período de estiagem, a umidade antecedente do solo é muito baixa. Este déficit hídrico colabora para com o aumento da capacidade de infiltração da água no solo, absorvendo as chuvas a uma velocidade maior.

As primeiras chuvas se destinam, primeiramente, a alimentar às necessidades hídricas das raízes da vegetação, à recarga e ao umedecimento do solo, que é bastante profundo em alguns pontos, como nos topos de morro.

Somente após suprimidas essas demandas é que, através da percolação ou redistribuição interna desta água, vai ocorrer o deslocamento da umidade antecedente das camadas mais profundas, até atingir o ponto de saturação, o lençol freático.

É possível notar na hidrógrafa correspondente à precipitação ocorrida em plena temporada de chuvas, nos dias 19 e 20 de outubro de 1999 (Figura 11), que o nível do escoamento de base apresenta-se mais alto em relação ao início das chuvas, o que se deve às chuvas antecedentes que recaregaram o lençol.

Quando o solo encontra-se com teor de umidade maior a ponto de elevar o nível do escoamento de base, é de se esperar que a capacidade de infiltração fique reduzida temporariamente. As condições de drenagem serão muito importantes para otimizar a eficácia de absorção da água mais rapidamente.

Mesmo ocorrendo infiltração de uma chuva, e ao cessar desta, o solo vai recuperando sua capacidade de infiltração, e um leve aumento da intensidade de uma nova precipitação preenche rapidamente os poros do solo, criando, portanto, condições favoráveis ao escoamento superficial.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi caracterizar alguns parâmetros físicos e hidrológicos de uma microbacia, de modo que as informações aqui obtidas possam contribuir para os planos de manejo e de conservação do solo e da água na região da Zona da Mata de Minas Gerais, garantindo o armazenamento e o abastecimento de água, haja vista que a situação conservacionista das bacias hidrográficas dessa região, especialmente a do ribeirão São Bartolomeu, está deficiente, comprometendo o abastecimento de água. Portanto, foram avaliados, na microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, os índices fisiográficos, a distribuição dos solos na paisagem, bem como suas características físico-químicas e a distribuição das chuvas e seu efeito no deflúvio, com ênfase no manejo para infiltração e armazenamento de água. A microbacia hidrográfica oferece condições ideais para o desenvolvimento integrado de estudos ecológicos e hidrológicos relacionados com a estrutura e com a dinâmica do ecossistema florestal e agrossilvipastoril. A microbacia da Rua Nova apresenta topografia e características físicas do solo muito favoráveis ao escoamento superficial. Os ambientes mais declivosos e cujo teor de silte é mais elevado devem receber um tratamento que promova a sua cobertura vegetal, a fim de impedir impactos da infiltração em contato com o solo nu. Os ambientes onde a condutividade hidráulica foi baixa devem ser tratados com a incorporação de matéria orgânica, para melhorar sua estrutura e aumentar



sua permeabilidade. Quando os solos da microbacia encontram-se saturados ou próximo da saturação, tendem a apresentar uma resposta mais rápida à precipitação. A bacia necessita de recuperação de sua cobertura vegetal e de medidas conservacionistas do solo e da água para otimizar o processo de infiltração e de armazenamento de água pelo lençol freático. Será possível manter ou aumentar a vazão das nascentes se a bacia for revegetada corretamente e se for respeitada a capacidade de suportar a pastagem de cada ambiente estudado. As pastagens existentes no local necessitam de enriquecimento, devido às falhas de sua cobertura, apresentadas principalmente nas áreas mais declivosas. A baixa fertilidade dos solos indica que para o estabelecimento de qualquer cultivo será importante a adubação química.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Determinar a capacidade-suporte de recuperação de cada classe de solo, associada aos índices fisiográficos, e adotar uma pressão de pastejo abaixo da referida capacidade de suporte, visando a recuperação botânica da área.

Determinar as exigências e os benefícios de cada tipo de pastagem a ser cultivada, de acordo com cada ambiente (sua oferta de água, luz, nutrientes etc.), a relação das exigências ecológicas da planta, seu consumo de água, sua capacidade de aerar o solo e, ou, de fixar nitrogênio no solo, sua capacidade produtiva, sua palatabilidade e sua influência no sabor do leite, para assegurar tanto a produção sustentável quanto o comércio.

Determinar como montar um sistema inteligente de piquetes com corredores, de modo a controlar o acesso do gado às áreas.

Determinar como garantir o fornecimento de água em cada piquete, uma vez que alguns ficarão distantes das fontes de água. Estudar as alternativas como bombas, carneiro-hidráulico e condução gravitacional por cano de polietileno ou de bambu e suas características quanto à economia de energia e à quantificação do desperdício de água e da vida útil do equipamento.

Determinar quais gramíneas suportam sombra de árvore e a competição nutricional com estas, qual o tipo de propagação, o consumo de adubo, a resistência ao pisoteio e a resistência ao fogo, que tipo de gado vai

consumir estas plantas, e qual a finalidade, e se a gramínea deve ter mais gordura, proteína ou carboidrato.

DEFINIR AS ÁREAS QUE SERÃO APTAS SOMENTE À PASTAGEM,  
AS QUE SERÃO APTAS SOMENTE AO PLANTIO DE ÁRVORES E AS QUE  
SERÃO APTAS AOS SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS.

Definir quais árvores plantar e qual o espaçamento, as exigências ecológicas, a sensibilidade à competição, o meio de cultivo, a adaptabilidade à declividade e o tipo de solo, a baixa fertilidade etc. Qual a cova mais apropriada, quando e como será a colheita, onde vai vender e de quanto será a produção.

Determinar os gêneros e as espécies de formigas presentes, seu comportamento e consumo e os possíveis métodos de controle e os cuidados embutidos nestes (vento, umidade, temperatura, proximidade dos mananciais).

Identificar as diferentes alternativas de conservação do solo, se mecânicas ou vegetativas, os benefícios de cada uma em impedir a erosão e a perda de fertilizante, e determinar a viabilidade do plantio direto.

Identificar as formas de impedir o avanço de voçorocas.

Identificar os problemas relacionados aos transeuntes, como o uso do fogo, o descarte do lixo etc.

Criar uma estratégia de educação ambiental que vise a importância do trabalho, a conservação dos aparelhos, das cercas e das mudas, e explicar os problemas dos furtos e a ação criminal do fogo.

Identificar cultivos que possam servir de quebra-ventos, de modo a diminuir a turbulência dos ventos, para evitar a dessaturação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, V. *Análise química do solo*. Viçosa-MG, UFV, 1985 77p. mimeografado.
- AZEVEDO, E.C. *Vazão e características físicas e químicas do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e Eucalyptus grandis*. Viçosa-MG: UFV, 1995. 92p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BERTONI, J.C., TUCCI, C.E.M. Precipitação. In. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Tucci, C.E.M. (org). ed. UFRGS. p.177-242, 1993.
- BITTENCOURT, J.L.G. *Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico de Bacia Hidrológica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais – PR*. Dissertação de mestrado. Curitiba – Paraná. UFPR. 2000. 197p.
- BLACK, P.E. Hydrograph responses to geomorphic model watershed characteristics and precipitation variables. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.4. n.2, p.165-178, 1970.
- BRAKENSIEK, D.L. *Hydrologic modeling of small watersheds*. American Society of Agricultural Engineers 1982. 532 p.
- CALDER, I.R., WRIGHT, I.R., MURDIGASE, D. A. Study of evaporation from tropical rain forest in west Java. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.89, p.13-31, 1986.
- CASTRO, P.S. *Relatório de projeto SAAE/UFV/DEF/ Manejo da vegetação*

- freatófitas*. 27p. 2000.
- CASTRO, P.S. *Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG*. Piracicaba, SP, USP, 1980. 107p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 1980.
- CASTRO, P.S. Influência das florestas nativas no ciclo hidrológico na região de Viçosa, MG. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11, Curitiba, 1985, *Anais...* Curitiba, EMBRAPA, 1985, p 14-22.
- CASTRO, P.S. *Notas de aula de ENF 387 - Manejo de bacias hidrográficas*. Viçosa, [s.n.t.], Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- CAVALCANTI, H.C. *Uso de um sistema de informação geográfica no processo de elaboração de laudos e na concessão de licenças para desmate*. Viçosa-MG: UFV, 1993. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- CHORLEY, R.J. *The hillslope hydrological cycle, in hillslope hydrology*, KIRKBY, M.J. (ed). Norwich: John Wiley & Sons, 1979, 389p.
- CHOW V.I., MAIDEMENT, D.R., MAYS, L.W. *Applied hydrology*. New York: Mc Graw-Hill, 1998. 572p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgar Blucher. 1994. 114p.
- CICCO, V., FUJIEDA, M. Pesquisa em manejo de bacias hidrográficas em São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1992. p.808.
- CORREA, G.F. *Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG*. Viçosa-MG: UFV, 1984. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- DAKER, A. *Captação, elevação e melhoramento da água*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos S.A., 1970. 379p.
- DAKER, A. *Hidráulica aplicada à agricultura*. Rio de Janeiro: Bastos, 1983, 316p.
- DEFELIPO, B.V., RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo*. Viçosa-MG: UFV, 1981. 17p. (Boletim de extensão, 29).
- DUBREUIL, P.L. Review of field observations of runoff generation in the

- tropics. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.80, p.237-264, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro-RJ, 1997. 212p.
- ERNESTO SOBRINHO, F., RESENDE, M., MOURA, A.R.B. et al. *Sistema do pequeno agricultor do Seridó Norte – Riograndense: a terra, o homem e o uso*. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1983. 200p. (Coleção Mossoroense, 276).
- FERNANDES, M.M. *Caracterização de solos e uso atual empregando aerofotos não convencionais nas sub-bacias Merengo, Palmital e Silibar Rio Turvo Sujo*. Viçosa-MG: UFV, 1996. 98p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- FILIZOLA JR., N.P. CONCEITOS BÁSICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA. *A ÁGUA EM REVISTA*. CPRM, AGOSTO DE 1995. 86P. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINEIRAIAS, 1995.
- FREEZE, R.A. Role of subsurface flow in generating surface runoff, 1-Base flow contributions to channel flow. *Wat. Resour. Res.*, Washington, v.8, p.609-623, 1972.
- GALVAO, M.V. Regiões bioclimáticas do Brasil. *Rev. Bras. Geog.*, Rio de Janeiro, v.29, p.3-36, 1967.
- GARCEZ, L.N. *Hidrologia*. São Paulo: Ed. Blücher, 1974, 249p.
- GIACOVETTA, C.A. *A vegetação e a produção de água em uma bacia hidrográfica* Viçosa-MG: UFV, 1990. 33p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- HEWLETT, J., DOSS, R. Forests, floods, and erosion: a watershed experiment in the southeastern Piedmont Forest. *Science*, v.30. n.2, p.424-434, 1984.
- HEWLETT, J.D., LULL, H.W., REINHART, K.G. In defense of experimental watersheds. *Wat. Resour. Res.*, Washington, v.5, p.306-316, 1969.
- HEWLETT, *Principles of forest hydrology*. ed. Athens. 1982, 183p.
- IBGE, *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 92p. 1992.

- KER, J.C. *Condutividade hidráulica saturada*. Viçosa-MG: UFV, 1985. 15p. (mimeo.).
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Ed. Agrônoma. Ceres. 1979. 262p.
- KNAPP, B.J. Infiltration. In: KIRKBY, M.J. (ed.) *Hillslope hydrology*. Norwich: John Wiley & Sons, 1979, 389p.
- LANI, J.L. *Estratificação de ambientes na bacia do rio Itapemirim no sul do estado do Espírito Santo*. Viçosa-MG: UFV, 114p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- LANI, J.L. *Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: Solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impactos ambiental do uso*. Viçosa-MG: UFV, 1998. 169p. Dissertação (Doutorado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- LEITCH, L.J., FLINN, D.W. Hydrological effects of clearing native forest in North-east, Victoria. *Aust. For. Res.*, Camberra, v.16, p.103-116, 1986.
- LIBARDI, P.L., REICHARDT, K. Generalização do movimento da água no solo e infiltração vertical. *R. Agricult.*, Piracicaba, v.46, p.15-32, 1974.
- LIMA, W. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. *Anais do Congresso Florestal Brasileiro-1986 (OLINDA-PE)* sem paginação visível. 1986.
- LIMA, W.P. Hidrologia de florestas implantadas. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11, Curitiba, 1985. *Anais...* Curitiba, EMBRAPA, 1985. p.8-11.
- LINSLEY, R.K. JR., FRANZINI, J.B. *Engenharia de recursos hídricos*. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 798p.
- MARTINS, H.F. *Soluções ecológicas para problemas hidráulicos*. Boletim informativo nº 8. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1973. 65p.
- MOLCHANOV, A.A. *Hydrologia Florestal*. Lisboa: Gulbenkian, 1971. 595p.
- MOLION, L.C.B. Influência da floresta no ciclo hidrológico. In: IX Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais – A influência das florestas no manejo de bacias hidrográficas. *Anais*. Embrapa-CNPq. Curitiba. Paraná.

- NALON, M.A., VELLARDI, C.V. Armazenamento de água no solo floresta secundária das encostas da Serra do Mar, região de Cubatão, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1992. p.828-833.
- O'LOUGHLIN, E.M. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Wat. Resour. Res.*, Washington, v.22, p.794-804, 1986.
- OLIVEIRA, M.A. *Os solos e o ambiente agrícola no sistema Piranhas-Açu, RN* 2 Ed. Mossoró: ESAM/FGD, 1988. 311p.
- OSAKI, F. *Microbacias: Práticas de conservação de solos*. Curitiba, 1994. 603p.
- PARR, J.F., BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. *Adv. Agron.*, v.12, p.311-342, 1960.
- PEREIRA, H.C. *Land use and water resources in temperate and tropical climates*. Cambridge: Cambridge University Press, 1973. 246p.
- PINTO, F.A., FERREIRA, P.A., PRUSKI, F.F., ALVES, A.R., CECON, P.R. Equação de chuvas intensas para algumas localidades do estado de Minas Gerais. *Engenharia Agrícola*, v.16, n.1, p.91-104, 1996.
- PORRAS, P.J. Cuantificación de picos de hidrogramas unitários y tiempos de concentración. *El Agua*, Carácas, v.24, p.23-31, 1982.
- PREVEDELLO, C.L. *Física do solo com problemas resolvidos*. Curitiba: C.L. Prevedello, 1996. 446p.
- PRUSKI, F.F., SILVA, D.S. Escoamento superficial. Caderno Didático *Engenharia na Agricultura* n.26. Universidade Federal de Viçosa. 1997. 33p.
- PRUSKI, F.F., SILVA, D.S., SANTOS, W.L., RODRIGUES, L.N., ANTUNES, V.L. Infiltração da água no solo. Caderno Didático: *Engenharia na Agricultura*, n.25. ed. UFV. 1997. 20p.
- QUINTEIRO, F.Q.L. *Levantamento do uso da terra e caracterização de ambiente da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo com a utilização de aerofotos não-convencionais*. Viçosa-MG: UFV, 1997. 132p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Ed. Manole, 1990. 185p.



- REICHARDT, K. *Dinâmica da matéria e da energia em ecossistema*. Piracicaba-SP: USP/ESALQ, 2.ed., 1996. 505p.
- REICHERT, J.M., VEIGA, M., CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.16, p.289-298,1992.
- RESCK, D.V.S., GOMES, J.F.M. Planejamento agropecuário a nível de microbacias hidrográficas na região dos cerrados. In: Simpósio sobre cerrado, 1989. Brasília, DF. *Anais...* Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1995, p.198-222.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORREA, G.F. *Pedologia, base para distinção de ambientes*. NEPUT, Viçosa-MG, 1999. 338p.
- RESENDE, M., REZENDE, S.B., LANI, J.L. et al Modelo tropical de ordenamento de território e uso da terra. In: Agricultura e meio ambiente, 1992, Viçosa-MG. *Anais...* Viçosa-MG: NEPEMA, 1992, p. 113-120.
- RESENDE, S.B. *Estudo de crono-toposseqüência em Viçosa*. Viçosa-MG: UFV, 1971. 71p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, 1971.
- REZENDE, S.B., RESENDE, M. Solos dos Mares de Morros: ocupação e uso. In: *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, UFV, 1996. p.261-288.
- RIZZI, N.E. *Influência da floresta no regime hídrico*. Recife: UFRP, 1982. 4p. (Mimeo.).
- ROBERTS, M.C., KLINGEMAN, P.C. The influence of land form and precipitation parameters on flood hydrographs. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.4, p.393-411, 1970.
- ROCHA, J.S.M. *Manual de projetos ambientais*. Santa Maria: UFSM, 1997. 423 p.
- SAAE—Serviço Autônomo de Água e Esgoto. *Relatório interno*. 1994. (paginação irregular)
- SATTERLUND, D.R., ADAMS, P.W. *Wildland watershed management*. ed. John Wiley & Sons, Inc. 1992. 436p.
- SHAW, E. *Hydrologic in practice*. Berkshere U.K., Ed. Nostrand Reinhold, 1983. 569p.

- SILVA, J.C.C. *Planejamento integrado de microbacias hidrográficas. In Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura.* Viçosa, UFV, 1997. p.115-128.
- SKLASH, M.G., FARVELDEN, R.N. The role of groundwater in storm runoff. *J. Hydrol.*, Amsterdan, v.43, p.646-665, 1979.
- SOARES, J.V. *Curso de introdução à hidrologia florestal.* São José dos Campos-SP: INPE. 2000. 78p.
- SUAREZ G.A.S. *Abstração inicial de uma bacia hidrográfica de floresta natural na região de Viçosa, Minas Gerais.* Viçosa-MG: UFV, 1995. 54p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- TRISTÃO, R.A. *A microbacia hidrográfica como unidade de planejamento e manejo de empreendimentos florestais: Vantagens ambientais.* Viçosa-MG: UFV, 1993. 32p. (trabalho de disciplina)
- TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação.* 2.ed., Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2000. 943p.
- TUCCI, C. *Hidrologia: ciência e aplicação.* Porto Alegre: ABRH-EDUSP, 1993. 943p.
- U.S.B.R.A.A.O. -United State Bureau of Reclamation Albuquerque Area Office-*Middle Rio Grande water assessment: estimative of consumptive use requirements for irrigated agriculture and riparian vegetation.* Ed USBRAAO, v.1, 1997. 31p.
- VALENTE, O.F. Manejo de bacias hidrográficas. *Brasil florestal*, v.5, n.18, p.514-522, 1974.
- VELOSO, H.P. *Atlas florestal do Brasil.* Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1966. 82p.
- VILLELA, S.M., MATOS, A. *hidrologia aplicada.* São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- WHIPKEY, R.Z., KIRKBY, M.J. *Flow within the soil in hillslope hydrology.* KIRBY, M.J. (ed). Norwich: Jonh Wiley & Sons, 1979. 389 p.
- WISLLER, C.O., BRATER, E.F. *HIDROLOGIA.* RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO: SEDEGRA SOCIEDADE EDITORA E GRÁFICA LTDA. 1964.

