

CHRISTIANY ARAUJO CARDOSO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE UM FRAGMENTO
DE MATA ATLÂNTICA, NO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO, RJ**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

CHRISTIANY ARAUJO CARDOSO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROLÓGICA DE UM FRAGMENTO
DE MATA ATLÂNTICA, NO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO, RJ**

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: 22 de fevereiro de 2005.

Prof. Carlos Pedro Boechat Soares
(Conselheiro)

Prof. Sebastião Venâncio Martins
(Conselheiro)

Prof. Carlos Ernesto R. G. Schaefer

Prof. Vicente Paulo Soares

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias
(Orientador)

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e
fazer um novo fim.”*

(Chico Xavier)

Dedico,

À papito (*in memorian*) e mamita
À minha sobrinha preferida, Ingrid
À minha querida irmã, Vera e meu irmão, Fernando
À Darlan, meu amore

Eterna gratidão

AGRADECIMENTOS

A Deus e meu anjo da guarda pela proteção em todos os momentos da minha vida.

Ao curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade.

Ao professor Herly Carlos Teixeira Dias que com dedicação, muita paciência e uma grande amizade me orientou neste trabalho.

Aos conselheiros Prof. Carlos Pedro Boechat Soares e Prof. Sebastião Venâncio Martins, pelas sugestões e pela amizade.

Aos demais membros da banca examinadora, Prof. Carlos Ernesto R. G. Schaefer e Prof. Vicente Paulo Soares, pelas sugestões oportunas.

A Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo – CAENF, em especial ao biólogo Ernani de Almeida, Rita Alves e Daniele pela atenção dispensada e apoio imediato ao projeto.

Ao Paulinho, funcionário da CAENF, pela grande ajuda na coleta dos dados e pela imensa boa vontade.

Aos meus “irmãozinhos” Engenheiros Florestais: Ana, Marcelo, Zezão e minha mais nova amiga – Kelly e ao “irmão emprestado”: Henrique pelos apertos, brincadeiras, churrascos de confraternização... Enfim, pela agradável convivência.

As minhas grandes amigas: Engenheiras Florestais Vanderléia (Creuza) e Klécia e Arquiteta Daniela (Dani) pela paciência em ouvir minhas reclamações, lamentações, mas também dividir alegrias, festas, babados...

Ao Agrônomo Enrique pela paciência, por ser meu quebra-galho em todos os momentos, pela imensa amizade, pelo macarrão...

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos, um MUITO obrigada.

À Ritinha e ao Fredy, pela competência, pelo apoio e pela amizade na secretaria da pós-graduação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas.

A Engenheira Agrimensora Lê (Alessandra) pela grande amizade e paciência para iniciar o longo processo para a geração do Modelo Digital de Elevação.

Ao Engenheiro Agrimensor Ângelo, pela grande força para terminar o Modelo Digital de Elevação.

Ao Engenheiro Florestal Prof. Ph. D. Cláudio Bohrer da UFF – RJ pelo apoio e disponibilização de material.

A Aurora pelo apoio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, pelo incentivo e amizade.

Aos meus pais pelo sacrifício, pelo apoio incondicional, força, conselhos, agradeço do fundo do meu coração. A Vera, Ingrid, Fernando, Darlan, Rita, Gilberto, Thiago, Maria Catarina e Meg pelo carinho, pela amizade, estímulo e por acreditarem que tudo daria certo. E deu!!

Finalmente, a todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para que meu objetivo fosse alcançado.

BIOGRAFIA

Christiany Araujo Cardoso, filha de Sebastião José Cardoso (*in memorian*) e Edna Araujo Cardoso, nasceu em 07/01/1976, no Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Em 1997, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em setembro de 2002.

Em março de 2003, iniciou o curso de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 22 de fevereiro de 2005, obtendo o título de *Magister Scientiae*.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
Capítulo 1: Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ	
RESUMO.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Caracterização da área de estudo.....	12
3.1.1 Localização.....	12
3.1.2 Vegetação.....	13
3.1.3 Hidrografia.....	15
3.1.4 Solo.....	17
3.1.5 Clima.....	18
3.2 Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica.....	18
3.2.1 Obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente.....	18

3.2.2	Morfometria da bacia hidrográfica.....	19
3.2.3	Área de drenagem.....	20
3.2.4	Perímetro.....	20
3.2.5	Coeficiente de compacidade.....	20
3.2.6	Fator de forma.....	21
3.2.7	Índice de Circularidade.....	21
3.2.8	Declividade e altitude.....	22
3.2.9	Ordem.....	22
3.2.10	Densidade de drenagem.....	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.	CONCLUSÃO.....	31
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

Capítulo 2: Caracterização hidrológica de um fragmento de Mata Atlântica, Nova Friburgo, RJ

	RESUMO.....	36
1.	INTRODUÇÃO.....	38
2.	OBJETIVO.....	39
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.1	Caracterização da área de estudo.....	40
3.2	Precipitação atmosférica total.....	43
3.3	Vazão.....	43
3.4	Balanço hídrico.....	44
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1	Precipitação atmosférica total.....	46
4.2	Vazão.....	49
4.3	Balanço hídrico.....	52
4.4	Relação entre Precipitação e Deflúvio.....	55
5.	CONCLUSÃO.....	57
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7.	ANEXOS.....	61

LISTA DE FIGURAS

1.1	Localização do município de Nova Friburgo em relação ao estado do Rio de Janeiro.....	12
1.2	Localização da Reserva de Macaé de Cima no município de Nova Friburgo, adaptado de Bohrer, 1998.....	13
1.3	Vegetação da bacia hidrográfica do rio Debossan na Reserva de Macaé de Cima no Município de Nova Friburgo, baseado em interpretação de fotos aéreas (1970), adaptado de Bohrer, 1998.....	14
1.4	Representação esquemática do ordenamento do rio Debossan até o rio Paraíba do Sul.....	16
1.5	Foto aérea da represa da ETA Debossan na saída da bacia. Fonte: Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro – Fundação CIDE, 2003.....	17
1.6	Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	26
1.7	Ordenamento da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, conforme metodologia de Strahler (1964) e escala 1:50.000.....	27
1.8	Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	28
1.9	Distribuição das faixas altimétricas definidas para a bacia hidrográfica	

	do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	29
2.1	Localização do município de Nova Friburgo em relação ao estado do Rio de Janeiro.....	40
2.2	Bacia hidrográfica do rio Debossan destacando a estação de captação de água, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	41
2.3	Distribuição da precipitação para os anos de 2002, 2003 e 2004 para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	46
2.4	Distribuição da precipitação média das normais climatológicas (1931-1960) e da precipitação média dos anos observados (2002-2004) para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.	47
2.5	Histograma da distribuição das classes de chuvas ocorridas durante os três anos de observação na bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	48
2.6	Vazão média mensal para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004 para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	49
2.7	Relação entre precipitação, deflúvio e evapotranspiração da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	54
2.8	Distribuição da precipitação e deflúvio para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004 da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	55

LISTA DE QUADROS

1.1	Índices calculados para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	19
1.2	Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1979).....	22
1.3	Características físicas da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	24
1.4	Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	27
1.5	Distribuição da altitude de acordo com a área da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.....	30
2.1	Vazões médias anuais da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.....	50
2.2	Estimativa da evapotranspiração segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955) e pelo balanço de massa.....	52

RESUMO

CARDOSO, Christiany Araujo. M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Caracterização morfométrica e hidrológica de um fragmento de Mata Atlântica, no município de Nova Friburgo, RJ.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Conselheiros: Carlos Pedro Boechat Soares e Sebastião Venâncio Martins.

As florestas desempenham papel fundamental na captação e distribuição da água de chuva nas bacias hidrográficas, no processo de suprimento de água para a recarga do lençol freático, assim como na regulação das vazões máximas e mínimas. A Mata Atlântica, que é considerada um grande ecossistema florestal, encontra-se bastante ameaçada e fragmentada e o balanço hídrico deste bioma é pouco conhecido. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Debossan em um fragmento de Mata Atlântica inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo, RJ. O estudo foi dividido em dois capítulos. O primeiro trata da caracterização morfométrica da bacia, obtendo-se parâmetros como área de drenagem, perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, dentre outros. Já o segundo capítulo trata da caracterização hidrológica, a partir da precipitação de chuvas e deflúvio ao longo dos 36 meses de observação. De acordo com os resultados pode-se concluir que o diagnóstico físico da bacia hidrográfica do rio Debossan aponta para uma bacia com tendência alongada, com média densidade de drenagem, relevo correspondendo a forte ondulado e declividade média de 32%. A precipitação pluviométrica na bacia é dividida em dois períodos bem definidos. A grande capacidade de retenção de água no solo e na floresta é demonstrada pela vazão na estação de estiagem, representada pelo escoamento

base que possivelmente atinge 0,03 m³/s. A grande evapotranspiração encontrada para a bacia, possivelmente, está associada a grande evaporação do reservatório juntamente com a evapotranspiração do maciço florestal. A capacidade de retenção de água da floresta no solo, provocaram um efeito tampão, amenizando os picos de vazão nos períodos de alta pluviosidade.

ABSTRACT

CARDOSO, Christiany Araujo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, february 2005. **Morfometric and hidrological characterization of Mata Atlântica fragment, in the city of Nova Friburgo, RJ.** Advisor: Herly Carlos Teixeira Dias. Committee members: Carlos Pedro Boechat Soares and Sebastião Venâncio Martins.

The forests play basic role in the captation and distribution of the rain water in the watershed, in the water suppliment process for the recharge of the freático sheet, as well as in the regulation of the maximum and minimum outflows. The Mata Atlântica, that is considered a great forest ecosystem, meets threatened sufficiently and fragmented and the hídrico rocking of this bioma little is known. Thus, the objective of this work was to make a morfometric characterization and hidrological of the watershed of the Debossan river of Mata Atlântica fragment in the Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo, RJ. The study it was divided in two chapters. The first with the morfometric characterization of the watershed, getting parameters as draining area, perimeter, coefficient of compacidade, form factor, amongst others. Already as the chapter with the hidrological characterization, from the precipitation of rains and emanation to the long one of the 36 months of comment. In accordance with the results can be concluded that the physical diagnosis of the watershed of the Debossan river points with respect to a basin with prolonged trend, with average density of draining, relief corresponding the waved fort and average declivity of 32%. The

precipitation in the watershed is divided in two well defined periods. The great capacity of water retention in the ground and the forest is demonstrated by the outflow in the station of little precipitation, represented for the runoff base that possibly reaches $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$. The great evapotranspiration found for the watershed, possibly, is associated the great evaporation of the reservoir together with the evapotranspiration of the forest. The capacity of water retention of the forest in the ground, had provoked a effect drain plug, brightening up the peaks of outflow in the periods of high rainfall.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A água é um insumo fundamental à vida, elemento insubstituível em diversas atividades humanas, além de manter o equilíbrio do meio ambiente. É uma substância abundante e de grande importância no planeta, cobrindo cerca de 70,8% da área terrestre.

É um dos recursos naturais mais diretamente afetados pelas ações antrópicas, e, devido à sua importância, não só para o estabelecimento das atividades humanas como também para a manutenção da vida, sofreu ao longo das últimas décadas um processo contínuo de valorização. No caso da água doce, isto se deu por um maior conhecimento de sua real disponibilidade frente à crescente demanda e pelo histórico de ocupação desordenada e degradação do ambiente responsável pelo padrão quantitativo e qualitativo de suas características (MENDES e CIRILO, 2001).

Dada a importância que hoje apresentam a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais, para que possam ser também aproveitados pelas gerações futuras, é necessário conhecer em profundidade o funcionamento dos ecossistemas e os fatores que atuam sobre eles, a fim de obter referenciais que permitam a avaliação da magnitude dos impactos ambientais decorrentes da intervenção antrópica sobre os mesmos (ANIDO, 2002).

Um dos ecossistemas mais estudados é a Mata Atlântica, devido à sua relevante importância. Considerando que 70% da população brasileira vive na área do seu domínio, mantém as nascentes e cursos d'água que abastecem as cidades, proporciona qualidade de vida, regula o clima, abriga centenas de comunidades tradicionais, incluindo povos indígenas, tem potencial para turismo

ecológico e é considerado um dos ecossistemas de maior biodiversidade e mais ameaçado de extinção.

A Mata Atlântica, segundo estudos realizados por pesquisadores do estado da Bahia juntamente com o Jardim Botânico de Nova York, é a floresta que apresentou, até o momento, a maior quantidade de espécies arbóreas. Nela, foram localizadas mais de 450 diferentes espécies de árvores em um único hectare de floresta no sul da Bahia. Numa comparação simplificada, existe mais diversidade de plantas e animais em um hectare de Mata Atlântica do que em toda a Alemanha. Essa condição é resultado, entre outras razões, da distribuição Norte-Sul dessa floresta e da existência de consideráveis diferenças de altitude nas áreas cobertas por essa floresta. Com isso, há maior possibilidade de variação de climas, nichos, solos, temperaturas e insolação, o que aumenta a tendência à evolução e diversificação de espécies (COSTA, 2004).

Estima-se que a Mata Atlântica recobria, ao tempo da chegada dos portugueses ao Brasil, cerca de 98% do território fluminense no estado do Rio de Janeiro, englobando a floresta propriamente dita (Floresta Ombrófila Densa) e ecossistemas associados, como manguezais, restingas e campos de altitudes. Hoje, no entanto, calcula-se que menos de 17% da superfície, estejam recobertos por florestas, que se acham em vários estágios de conservação. Este é um problema grave, pois além dos aspectos paisagísticos notáveis, merece destaque a função das florestas como reguladoras do ciclo hidrológico e da qualidade da água dos rios, reduzindo o risco de enchentes e inundações, de erosão e assoreamento (IEF, 2004).

De acordo com VALENTE e DIAS (2001), os recursos - solo e vegetação - devem ser analisados quanto à sua interação com os fatores climáticos e hidrológicos e submetidos a técnicas de manejo adequadas às condições sócio-econômicas da bacia, visando otimizar o sistema de abastecimento do lençol freático, produzindo nascentes com vazões compatíveis com as necessidades de uso da água. A este processo de aumento da quantidade e qualidade de água, bem como à estabilização ou regularização desta quantidade de água ao longo do ano, chama-se "produção de água". Portanto, deve-se lembrar que a produção de água é alcançada pelo manejo da bacia e que o sucesso em seu aumento deve estar atado à sua regulação sazonal, ou seja, deve-se procurar a menor variação na vazão entre as épocas de chuvas e as mais secas do ano.

A bacia hidrográfica constitui um exemplo típico de sistema aberto na medida em que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída. A organização interna do sistema, isto é, os elementos de forma e os processos característicos, influenciam as relações de entrada e saída (GREGORY e WALLING, 1973). Assim, mudanças externas no suprimento de energia e massa conduzem a um auto-ajuste das formas e dos processos, de modo a ajustar essas mudanças (COELHO NETO, 2003).

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas, como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc., bem como do tipo da cobertura vegetal existente (LIMA, 1986). Portanto, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e sub-superficial. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico.

Segundo GARBRECHT e MARTZ (1999), a delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. Para isso é comum utilizarem-se informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e reprodução dos resultados devido à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais.

As informações associadas à hidrologia de uma região podem ser preparadas e analisadas no processo de modelagem. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) vêm sendo amplamente usados para esta finalidade. Os SIG's constituem conjuntos interativos de subsistemas orientados à organização da informação espacial com o objetivo de subministrar elementos de apoio à tomada de decisões (SANTOS, 2001).

Para realização deste estudo, utilizou-se a bacia hidrográfica do rio Debossan, localizada num fragmento de Mata Atlântica, coberto por Floresta Ombrófila Densa Montana e floresta secundária, abrigando uma grande estação

de captação de água de Nova Friburgo, administrada a aproximadamente seis anos pela Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF). A bacia encontra-se inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima no município de Nova Friburgo, RJ.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi fazer uma caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. O estudo foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo trata da caracterização morfométrica da bacia, obtendo-se parâmetros como área de drenagem, perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, dentre outros. O segundo, trata da caracterização hidrológica, consistindo em obter valores de vazão, vazão específica e deflúvio, relacionando-o com a precipitação sobre a bacia.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIDO, N.M.R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Curso de Pós-graduação em Conservação de Ecossistemas Florestais, Universidade de São Paulo.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93-148. 2003.

COSTA, J.P.O. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. 2004. Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/meioamb/artprot/tombadas/resbiosf/apresent.htm>>. Acesso em: 26 dezembro 2004.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. **Digital elevation model issues in water resources modeling**, Proceedings of the 19th ESRI Users Conference, San Diego: CA, 1999. CD-ROM.

GREGORY, K.J. e WALLING, D.E. Drainage Basin Form and Process: a Geomorphological approach. John Willey & Sons, Inc., 456p., 1973.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **A Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. 2004. Disponível em: <<http://www.ief.gov.br/mata/conteudo.htm>>. Acesso em: 26 dezembro de 2004.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986, 242p.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geprocessamento em recursos hídricos: princípios e aplicação**. 1 ed. Porto Alegre : ABRH, 2001. 536p.

Programa Mata Atlântica. **Relatório final**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro/ IBAMA, Linhas de Ação em Botânica/ CNPq, Instituto Pró-Natura, The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation, Shell Brasil S.A. 1990. 220p.

SANTOS, A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG**. 2001. 141f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VALENTE, O.F. e DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade básica de produção de água. *Ação Ambiental – Produção de água*. Viçosa, ano IV, n. 20, p. 8-9, out./nov. 2001.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DEBOSSAN, NOVA FRIBURGO, RJ

RESUMO

CARDOSO, Christiany Araujo. M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Diagnóstico físico e ambiental do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Conselheiros: Carlos Pedro Boechat Soares e Sebastião Venâncio Martins.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfométrica a partir de alguns parâmetros físicos da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Para isso, gerou-se inicialmente o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) a partir de cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, utilizando o sistema de informações geográficas, através dos softwares ArcVIEW e Arc/INFO. A partir do MDEHC, foram calculados alguns parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem encontrada foi de 9,9156 Km² e perímetro de 17,684 Km. A bacia hidrográfica do rio Debossan tem formato alongado, coeficiente de compacidade de 1,5842, fator de forma de 0,3285, e índice de circularidade de 0,3985. A densidade de drenagem obtida para a bacia foi de 2,3579 Km/Km². A forma mais alongada da bacia hidrográfica indica que precipitação pluviométrica

sobre ela concentra-se em diferentes pontos, concorrendo para amenizar a influencia da intensidade de chuvas, as quais poderiam causar maiores variações da vazão do curso d'água.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (da SILVEIRA, 2001).

É a região no entorno de um curso d'água, onde as águas precipitadas contribuem para o seu escoamento. Nela, os fenômenos do ciclo hidrológico em sua fase terrestre e fluvial, bem como todas as demais componentes do meio ambiente, como cobertura vegetal, declividade e características geológicas, são intimamente relacionadas. Qualquer modificação numa dessas componentes da bacia irá conseqüentemente influir no ciclo hidrológico e vice-versa (BARBALHO, 1996).

Os principais componentes das bacias hidrográficas – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais – bacias hidrográficas – os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas, no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes (SOUZA et al., 2002).

Pelo caráter integrador, GUERRA e CUNHA (1996) citam que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nesta ótica, é possível acompanhar as mudanças

introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Ainda de acordo com esses autores, em nações mais desenvolvidas, a bacia hidrográfica também tem sido utilizada como unidade de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua qualidade e quantidade.

As características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais falem dados (VILLELA e MATTOS, 1975). Dentre as características físicas pode-se citar: área de drenagem, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, dentre outros.

Um dos desafios da análise hidrológica é o delineamento e caracterização morfométrica das bacias hidrográficas e da rede de drenagem associada. Tal informação é de utilidade em numerosas aplicações, tais como na modelagem dos processos hidrológicos, do transporte e deposição de poluentes químicos e na predição de inundações (WANG e YIN, 1998; CEBALLOS e SCHNABEL, 1998).

Segundo GARBRECHT e MARTZ (1999), a delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. Para isso é comum utilizarem-se informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, o que compromete a confiabilidade e reprodução dos resultados devido à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais.

Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE's), métodos automáticos para delimitação de bacias, têm sido desenvolvidos desde então (GARBRECHT e MARTZ, 1999).

De acordo com ASPIAZÚ e BRITES (1989), os Sistemas de Informações Geográficas são técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites terrestres, mapas, cartas climatológicas, censos, e outros.

Segundo FERREIRA (1997), os SIG's podem ser considerados um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento dos recursos renováveis, descrevendo os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas.

Com isso, tornaram-se sistemas que automatizam tarefas realizadas manualmente, facilitando a realização de análises complexas, através da integração de dados geocodificados.

Dada a importância da Mata Atlântica, que apesar de toda a devastação, ainda abriga um dos mais importantes conjuntos de plantas e animais de todo o planeta e por suas condições de umidade e calor, é considerado o ecossistema terrestre que dispõe da maior diversidade de seres vivos, optou-se para área de estudo deste trabalho um fragmento deste bioma.

A maior parte das espécies da fauna e da flora brasileiras, em vias de extinção, são endêmicas à este bioma. É por essa razão que 171 das 202 espécies de animais brasileiros considerados ameaçados de extinção são originários da Mata Atlântica (RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA, 1992). Essa diversidade, ao mesmo tempo em que representa uma excepcional riqueza de patrimônio genético e paisagístico, torna a floresta extremamente frágil. A destruição de parcelas ainda que pequenas dessa floresta pode significar a perda irreversível de inúmeras espécies, por sua vez sequer estudadas pela ciência.

2. OBJETIVO

Diante do exposto anteriormente, o objetivo deste trabalho foi fazer uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, a partir da caracterização de alguns parâmetros físicos como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, ordem e densidade de drenagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização

A área-base desse estudo abrange a bacia hidrográfica do rio Debossan, situada no município de Nova Friburgo, RJ a 137 km da capital do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1.1). Nesta bacia localiza-se uma importante estação de captação de água de Nova Friburgo, administrada a aproximadamente 6 anos pela Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF).

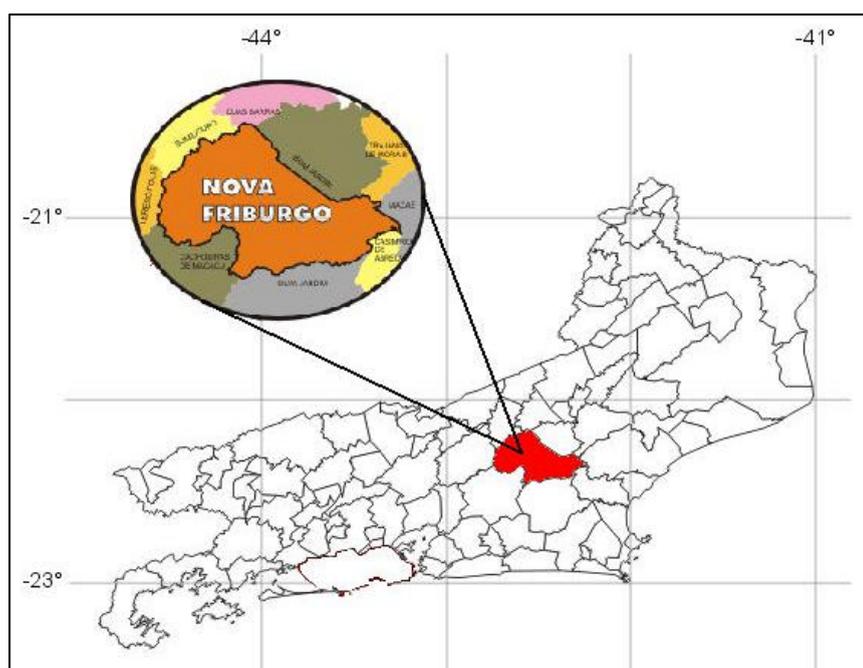


FIGURA 1.1 - Localização do município de Nova Friburgo em relação ao estado do Rio de Janeiro.

3.1.2 Vegetação

A bacia hidrográfica do rio Debossan está inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima (Figura 1.2), correspondendo a 13,8% da área da reserva.

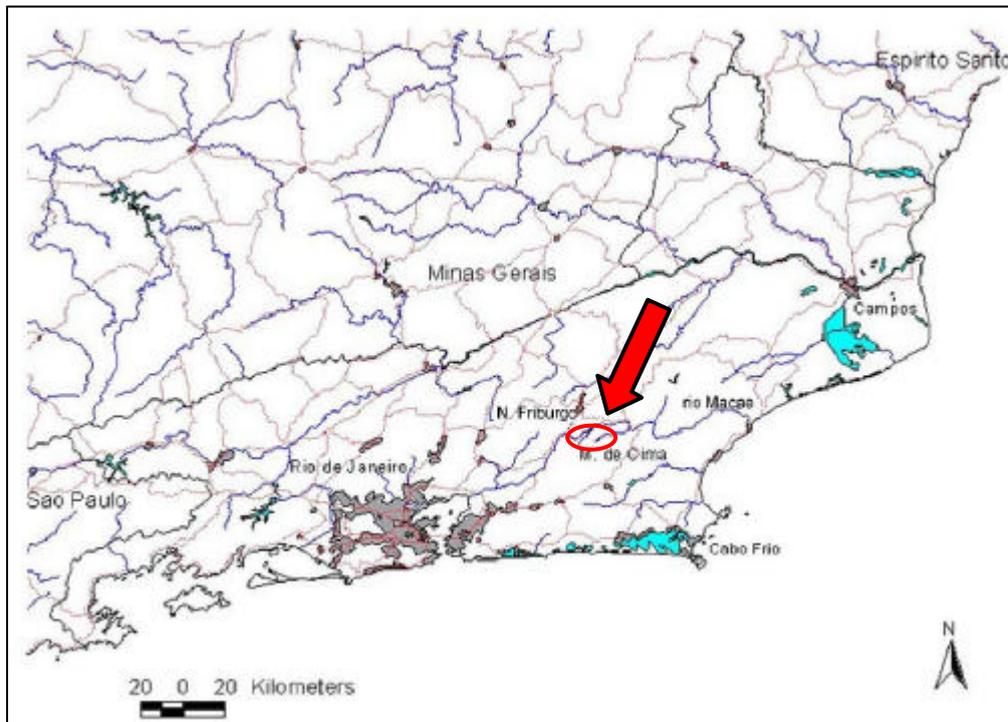


FIGURA 1.2 –Localização da Reserva de Macaé de Cima no município de Nova Friburgo, adaptado de Bohrer, 1998.

Criada pelo Decreto Municipal nº 156, de 03 de janeiro de 1990, a reserva possui uma área aproximada de 7.200 ha (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

A mancha florestal contínua deste trecho da Serra do Mar, na qual encontra-se incluída a reserva, tem aproximadamente 35.000 ha, constituindo-se num importante remanescente da Mata Atlântica na porção central do Estado do Rio de Janeiro. Abrangendo um maciço composto principalmente pelas serras de Macaé de Cima, São João, Santana, Botija e Rio Bonito, a área encontra-se situada nos limites dos municípios de Cachoeira de Macacu, Silva Jardim e Nova Friburgo, latitudes de 22° 21' e 22° 28' S e longitude de 42° 27' e 42° 35' W (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

A vegetação da reserva apresenta uma fisionomia predominantemente florestal, com a presença de pequenos trechos de formações campestres naturais representadas pelos Campos de Altitude. A classificação fitogeográfica para esta

formação florestal é Floresta Ombrófila Densa Montana (VELLOSO et al., 1991) ou Floresta Pluvial Atlântica Montana (RIZZINI, 1979).

A formação da Floresta Ombrófila Densa Montana é do tipo dominante na Reserva e na bacia e em alguns trechos é Floresta Secundária conforme observado na Figura 1.3.

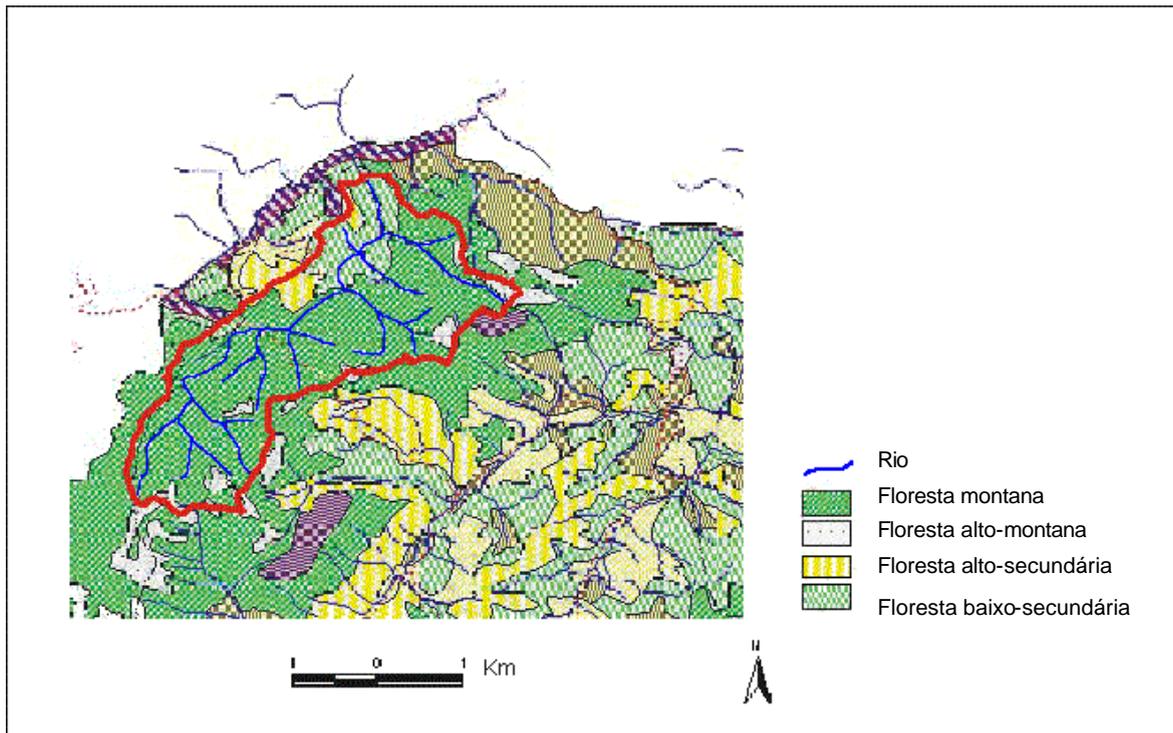


FIGURA 1.3 – Vegetação da bacia hidrográfica do rio Debossan na Reserva de Macaé de Cima no município de Nova Friburgo, RJ, baseado em interpretação de fotos aéreas (1970), adaptado de Bohrer, 1998.

A Floresta Ombrófila Densa Montana ocupa altitudes de 1400-1500 metros, especialmente em áreas de difícil acesso. A floresta é caracterizada por um dossel denso, fechado, com uma altura média das árvores de 25 a 35 metros. Algumas árvores podem alcançar até 40 m, principalmente em áreas de baixa altitude com solos profundos e bem drenados. Apesar das árvores muito altas serem raras, possui uma densidade elevada de árvores pequenas e de tamanho médio, com altura média variando entre 10 e 20 metros (BOHRER, 1998).

A floresta alto-montana é equivalente à floresta nebulosa, que segundo VELOSO (1991), ocorre acima de 1500m mas, na área, em termos de fisionomia

e florística, varia entre 1250-1600m de acordo com observações feitas por BOHRER (2004)*.

A floresta secundária é uma continuação do gradiente, a partir do estágio sucessional inicial até a floresta tardia, apresentando muitas características da floresta primária. As florestas alto-secundária e baixo-secundária são dependentes da altitude.

Um estudo realizado na reserva, comprova que a Floresta Montana tem uma diversidade e densidade considerável de epífitas, com muitas espécies de Bromeliaceae, Orchidaceae, Cactaceae e de Araceae. Os índices fitossociológicos, para um total de 445 árvores com DAP ≥ 10 cm, resultaram numa análise quantitativa onde as 10 espécies mais importantes foram, em ordem decrescente, *Euterpe edulis*, mortas spp., *Licania Kunthiana*, *Vochysia saldanhae*, *Ocotea indecora*, *Calycoretes* sp1, *Dendropanax trilobium*, *Kielmeyera insignis*, *Cryptocarpa moschata* e *Meriania robusta*. E quanto às famílias foram Myrtaceae, Clusiaceae, Leguminosae, Sapindaceae, Lauraceae, Annonaceae, Araliaceae, Chrysobalanaceae, Clethraceae, Euphorbiaceae, Monimiaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Myctaginaceae, Palmae, Rubiaceae, Sapotaceae e Vochysiaceae (BOHRER, 1998).

A flora da reserva apresenta um elevado grau de riqueza. O índice de diversidade de Shannon (H') variou entre 4,05 (GUEDES-BRUNI et al., 1997) e 3,66 (PESSOA et al., 1997), em função dos estágios sucessionais. Apresentando assim, avançado nível de regeneração natural e maturidade.

A Reserva Ecológica de Macaé de Cima possui 24 espécies endêmicas, demonstrando a singularidade da flora local caracterizando a área como reduto de diversidade e endemismo do ecossistema Mata Atlântica (PROGRAMA MATA ATLÂNTICA, 1990).

3.1.3 Hidrografia

A bacia de contribuição à montante da estação de captação de água é formadora do rio Debossan, unindo-se este ao rio Santo Antônio, obtendo-se um rio com o mesmo nome. Para a formação do rio Bengalas, há a junção dos rios Santo Antônio e rio Cônego. O rio Bengalas com alguns córregos atravessa o município de Nova Friburgo unindo ao rio Grande próximo à divisa com o

* Depoimento pessoal

formadores do rio Dois Rios, que por sua vez, é tributário do Rio Paraíba do Sul, conforme ilustra a Figura 1.4.

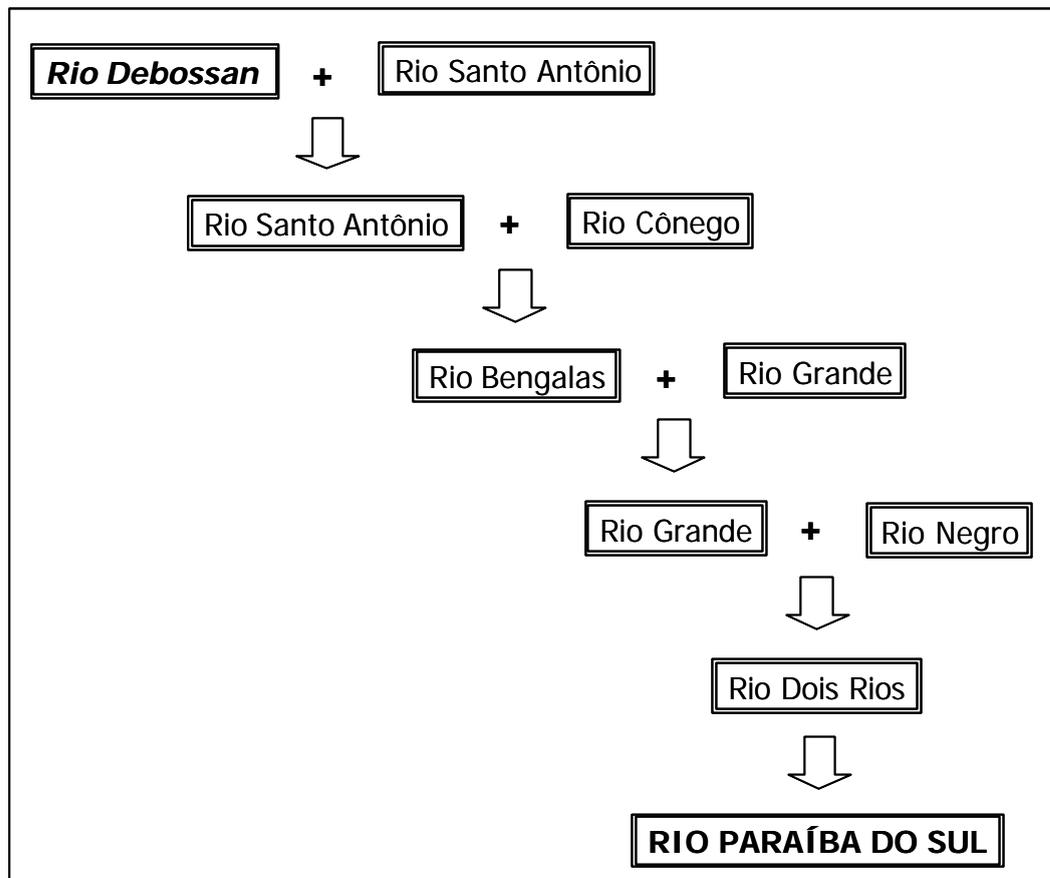


FIGURA 1.4 - Representação esquemática do ordenamento do rio Debossan até o rio Paraíba do Sul.

A Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF) possui seis grandes captações, dentre elas a estação de Debossan e treze pequenas captações.

A estação de captação de Debossan abastece 14.362 residências, com uma média de 3,11 habitantes por residência, consistindo assim, 44.665,82 habitantes beneficiados. Para isso, tem-se uma represa com capacidade de aproximadamente 30 milhões de litros para um abastecimento regular mesmo nas épocas com pouca precipitação (Figura 1.5).



FIGURA 1.5 - Foto aérea da represa da ETA Debossan na saída da bacia. Fonte: Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro – Fundação CIDE, 2003

3.1.4 Solo

O substrato rochoso é constituído essencialmente de rochas intrusivas e metamórficas Pré-Cambrianas, que afloram extensamente na maior parte da área. Suas rochas são gnaisses e milonitos nas Unidades Desengano, São Fidélis e Santo Eduardo, granitóides na Pedra Bicuda e Faraó, e Depósitos Aluvionares numa pequena região do Rio Macaé (OLIVEIRA et al., 1983; LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

A classe de solo predominante na região é o Cambissolo, com ocorrência de Latossolos (RADAMBRASIL, 1983). Análises de solo, de acordo com LIMA e GUEDES-BRUNI (1997), apontam uma textura argilo-arenosa, indicando baixa capacidade de retenção de água. O pH é fortemente ácido com teores de cálcio e magnésio muito baixos, enquanto os de alumínio apresentam-se altos em todas as profundidades (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

3.1.5 Clima

O Município de Nova Friburgo faz parte da região sudeste brasileira onde possui uma notável diversidade climática, caracteriza-se pelo predomínio do clima sub-quente. O principal determinante desta série de variedades climáticas é a orografia desta área, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação (NIMER, 1989).

O clima regional é do tipo superúmido e mesotérmico na classificação de THORNTHWAITE & MATHER (1955), correspondendo à designação Cfb de Köppen (BERNARDES, 1952).

As temperaturas médias anuais do Município, durante o período de 1961 e 1990, variaram com mínima de 13,8° C e máxima de 24,3° C. Fevereiro apresentou-se como o mês mais quente com temperatura média de 27,6° C e julho como o mês mais frio com temperatura média de 9,5° C. A precipitação total anual, para o ano de 1992, foi de 1246,3 mm, a evaporação total anual foi de 605,3 mm e a umidade relativa anual foi de 80% (DEPTO. NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992).

3.2 Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

3.2.1 Obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)

A metodologia utilizada para a geração do MDEHC foi executada em quatro etapas, sendo elas:

- ✓ Obtenção dos mapas a partir da base de dados do IBGE na escala 1:50.000 com curvas de nível de 20 em 20 metros, em que utilizou-se as cartas topográficas de Nova Friburgo e Quartéis;

- ✓ Pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem.

A grande maioria dos softwares que geram o Modelo Digital de Elevação necessita que os dados digitais de entrada estejam com qualidade e estrutura aceitáveis. Para isso, deve-se gerar arquivos individuais contendo os limites da área de trabalho, a hidrografia digital conectada e orientada no sentido do escoamento superficial e dados de altimetria discriminados em curvas de nível e pontos cotados;

✓ Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

O MDE foi gerado a partir da interpolação das curvas de nível digitalizadas.

✓ Pós-processamento para geração do MDEHC

Esta etapa visou eliminar as depressões espúrias, ou seja, células cercadas por outras com maiores valores de elevação, remanescentes ou que foram introduzidas no MDE durante o processo de imposição da rede de drenagem.

A base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas, utilizando-se os softwares ArcVIEW e Arc/INFO versão 8.3.

3.2.2 Morfometria da bacia hidrográfica

De posse da delimitação da área da bacia, pode-se extrair diferentes características físicas como: área da bacia, perímetro, declividade, altitude, dentre outros.

O Quadro 1.1 enumera as características e índices que foram calculados para determinar a morfometria da bacia hidrográfica.

QUADRO 1.1 - Índices calculados para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

Características geométricas	
- Área total (A)	- Fator de forma (F)
- Perímetro (P)	- Índice de circularidade (IC)
- Coeficiente de compacidade (Kc)	
Características do relevo	
- Declividade máxima	- Altitude máxima
- Declividade média	- Altitude média
- Declividade mínima	- Altitude mínima
Características da rede drenagem	
- Comprimento do curso d'água principal (L)	- Densidade de drenagem (Dd)
- Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	- Ordem dos cursos d'água

3.2.3 Área de drenagem

A área de drenagem (A) é um dado fundamental para poder definir a potencialidade hídrica da bacia hidrográfica.

Deve ser determinada em relação a um dado ponto ao longo do canal, ou à própria confluência da bacia. A área total inclui todos os pontos situados a altitudes superiores à da saída da bacia e dentro do divisor topográfico que separa duas bacias adjacentes.

Neste trabalho, a área da bacia foi obtida por meio da somatória de todas as áreas das células que compõem a imagem rasterizada do mapa de limite da bacia.

3.2.4 Perímetro

O perímetro da bacia (P) constitui o comprimento médio ao longo do divisor de águas. Para a estimativa do perímetro, foi utilizado o mapa rasterizado de seu limite, o qual foi considerado a somatória de todas as diagonais que compõem suas células limítrofes.

3.2.5 Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade (Kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O coeficiente de compacidade (Kc) foi determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

onde: Kc: coeficiente de compacidade

P: perímetro (m)

A: área de drenagem (m²)

3.2.6 Fator de forma

Relaciona a forma da bacia com a de retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão).

A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, podem ser influenciadas por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também, sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia. Segundo VILLELA e MATTOS (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com outro fator de forma. O fator de forma (F) foi determinado, utilizando a seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

onde: F: fator de forma

A: área de drenagem (m²)

L: comprimento do eixo da bacia (m)

3.2.7 Índice de circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. Para isto, utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (3)$$

onde: IC: índice de circularidade

A: área de drenagem (m²)

P: perímetro (m)

3.2.8 Declividade e altitude

A declividade do terreno de uma bacia hidrográfica tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, escoamento superficial, umidade do solo, dentre outros. Além disso, é um dos principais fatores que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água (LIMA, 1986). A variação altitudinal é um importante fator relacionado com a temperatura e a precipitação.

A declividade é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa.

O modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) foi utilizado como entrada para a geração do mapa de declividade e da altitude. A imagem de declividade gerada foi do tipo contínua, por apresentar valores reais. As classes de declividade foram separadas em seis intervalos distintos sugeridos pela EMBRAPA (1979), conforme Quadro 1.2.

QUADRO 1.2 - Classificação da declividade segundo EMBRAPA (1979).

Declividade (%)	Discriminação
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

3.2.9 Ordem

O ordenamento das bacias hidrográficas de acordo com seu tamanho é baseado na rede de canais da bacia, classificando os cursos d'água no conjunto total. Isto foi realizado com a função de facilitar e tornar mais objetiva a análise morfométrica das bacias.

A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por HORTON (1945) e STRAHLER (1957). Utilizou-se neste trabalho a classificação apresentada por Strahler, onde os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens e assim, sucessivamente (da SILVEIRA, 1993). A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

3.2.10 Densidade de drenagem

O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus tributários. Seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede, sejam eles perenes, intermitentes ou temporários, e a área total da bacia.

O índice foi determinado utilizando a equação:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (4)$$

onde: Dd: densidade de drenagem (km/km²)

L_t: comprimento total de todos os canais (km)

A: área de drenagem (km²)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de drenagem encontrada para a bacia do rio Debossan foi de 9,9156 km² e seu perímetro de 17,684 km.

O Quadro 1.3 mostra os resultados obtidos para a caracterização da bacia hidrográfica.

QUADRO 1.3 - Características físicas da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (Km ²)	9,9156
Perímetro (km)	17,7
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,6
Fator de forma (F)	0,32
Índice de circularidade (IC)	0,39
Declividade máxima (%)	150
Declividade média (%)	32
Declividade mínima (%)	0,13
Altitude máxima (m)	1.635
Altitude média (m)	1.310
Altitude mínima (m)	1.026
Ordem da bacia	3
Densidade de drenagem (km/km ²)	2,35

De acordo com os resultados apresentados no quadro 1.3, verifica-se que o coeficiente de compacidade de 1,6 é superior a 1. De acordo com VILLELA e MATTOS (1975), este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular, e para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais susceptível à enchentes mais acentuadas quando seu K_c for mais próximo da unidade. Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo portanto, uma tendência de forma alongada. Tal fato pode ainda ser comprovado pelo fator de forma (0,3) e índice de circularidade (0,4). Bacias com forma circular, têm maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água ao tributário principal em um tempo menor.

Um estudo realizado em Teixeira de Freitas, BA, constatou que para bacia com área igual a 0,589 km² e 67,3% ocupada por floresta e bacia com área de 0,257 km² com ocupação de 100% de pastagem, um índice de circularidade de 2,96 e 2,01, respectivamente. Observou que picos de vazão com aumento da precipitação, mostraram a saída rápida da água destas bacias logo após a precipitação (de AZEVEDO, 1995).

A densidade de drenagem encontrada para a bacia hidrográfica do rio Debossan foi de 2,35 km/km². De acordo com VILLELA e MATTOS (1975) este índice pode variar de 0,5 km/km² para bacias com deficiência de drenagem a 3,5 km/km², ou mais, para bacias bem drenadas. Ao se comparar o índice obtido para a bacia em estudo com estes, verifica-se que possui média capacidade de drenagem.

Valores baixos de densidade de drenagem, de acordo com ROCHA (1991), significam que há presença de rochas resistentes, solo muito permeável, cobertura vegetal densa, ou relevo suave, com possível concomitância. Neste caso, espera-se além da cobertura florestal densa e solos de grande permeabilidade, que a relação entre ambos permita uma boa capacidade de infiltração de água no solo.

Já na bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, MG, foram estimados valores de coeficiente de compacidade e fator de forma iguais a 1,96 e 0,02,

respectivamente, indicando que a área é pouco sujeita à enchentes. O índice de densidade de drenagem encontrado foi de $4,6 \text{ km/km}^2$, mostrando que aquela bacia apresenta uma elevada capacidade de drenagem (SANTOS, 2001).

A bacia hidrográfica do rio Juatuba, MG, obteve valores de densidade de drenagem para bacias de áreas equivalentes a $5,2 \text{ km}^2$, $80,2 \text{ km}^2$ e $265,0 \text{ km}^2$, iguais a 1,63, 1,50 e 1,91, respectivamente, concluindo o autor, que essas bacias poderiam ser enquadradas como medianamente drenadas (EUCLYDES, 1992).

O padrão de drenagem da bacia é do tipo dendrítica, conforme pode-se observar na Figura 1.6, o qual é típico de regiões onde predominam rochas de resistência uniforme e dissecação homogênea.

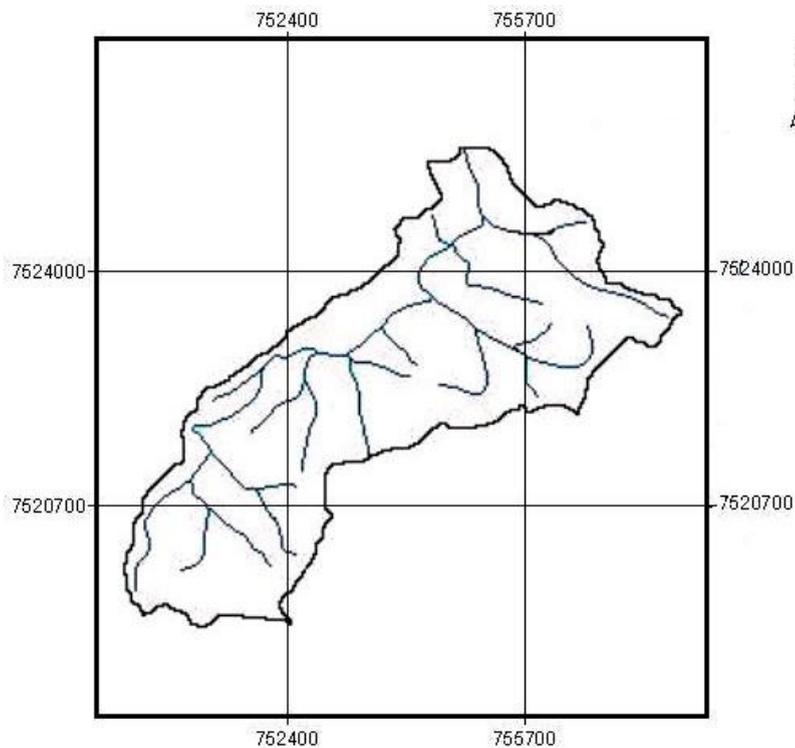


FIGURA 1.6 - Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

De acordo com a Figura 1.7, a bacia do rio Debossan é de terceira ordem, na hierarquia de Strahler e escala 1:50.000. Isto sugere que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado já que possui uma grande área.

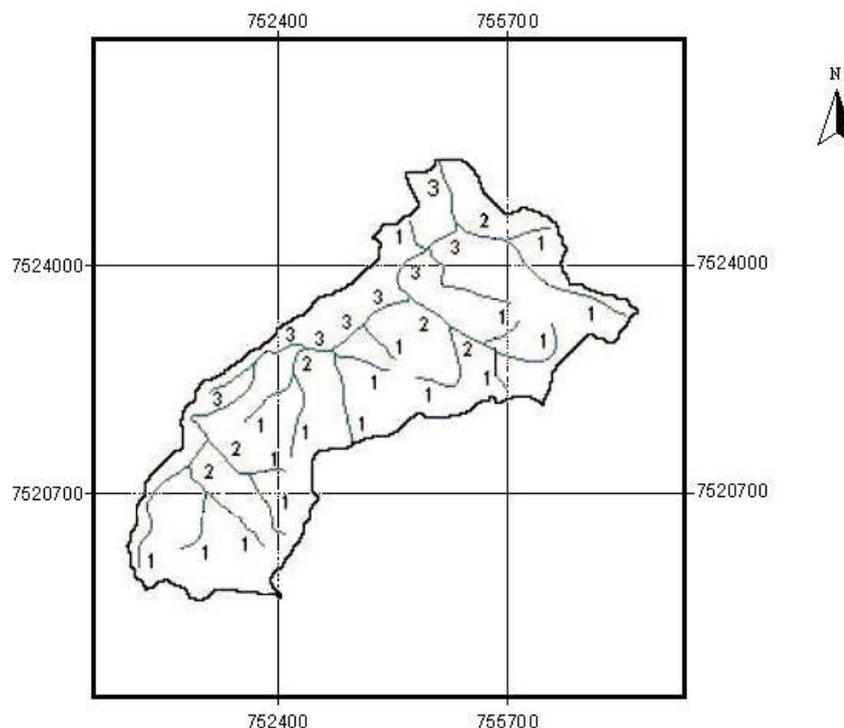


FIGURA 1.7 - Ordenamento da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, conforme metodologia de Strahler (1964) e escala 1:50.000.

As características da declividade do terreno podem ser observadas no Quadro 1.4, indicando que 47,61% da área possui relevo correspondendo a forte ondulado e Figura 1.8.

QUADRO 1.4 - Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

Declividade (%)	Relevo	Área (km²)	%
0 – 3	Plano	0,1072	1,08
3 – 8	Suave ondulado	0,5324	5,37
8 – 20	Ondulado	2,1924	22,11
20 – 45	Forte ondulado	4,7211	47,61
45 – 75	Montanhoso	2,1583	21,76
> 75	Forte montanhoso	0,2042	2,05

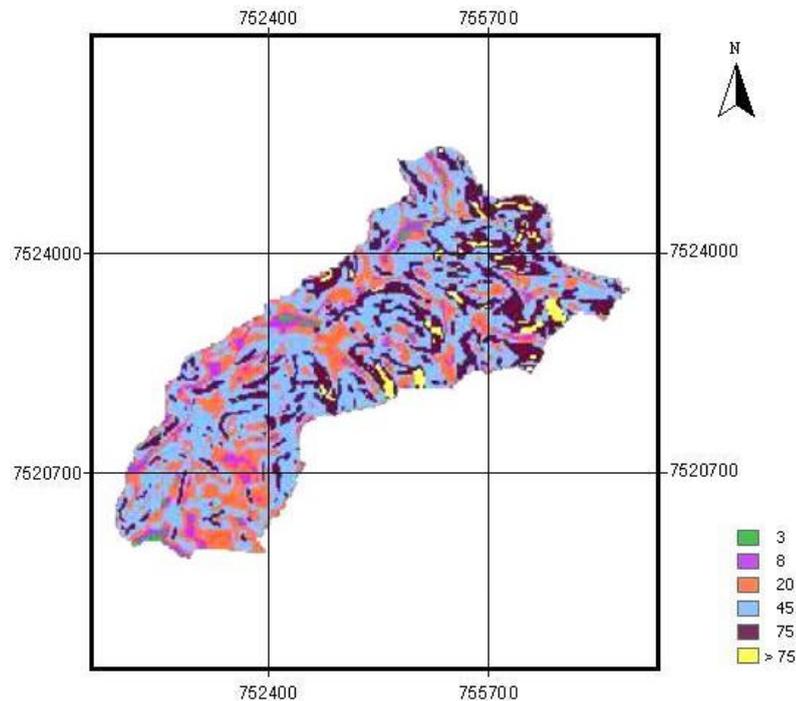


FIGURA 1.8 - Classes de declividade em porcentagem da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

A declividade influencia na relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, sobretudo devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, reduzindo a possibilidade de infiltração de água no solo. Na bacia em estudo, esta alta declividade parece ser compensada pela boa cobertura vegetal.

A cobertura vegetal exerce função hidrológica de interceptação e redistribuição da água da chuva. A maior quantidade da água da chuva atravessa o dossel da floresta, atingindo o piso florestal recoberto de serapilheira (COELHO NETO, 1992). Neste processo, o papel exercido pela serapilheira na diminuição da erosão superficial é fundamental, evitando o selamento do solo e permitindo a infiltração de água no solo (VALLEJO, 1982; COELHO NETO, 1985; CASTRO JR., 1992). Os macroporos biogênicos, inclusive os dutos de raízes mortas exercem, juntamente com os sistemas radiculares, vistos por FREIRE ALEMÃO (1997); JANSEN (2001); BASILE et al. (2003) uma função hidrológica importante, propiciando um alto valor de permeabilidade nas camadas superficiais dos solos florestais.

A remoção da vegetação em um ambiente florestal leva conseqüentemente a processos erosivos, gerando degradação do ambiente, podendo se propagar a áreas adjacentes.

Assim, a declividade e a cobertura vegetal tornam-se fatores importantes na tomada de decisão de um manejo adequado da bacia hidrográfica, visto que influencia a precipitação, escoamento superficial, fluxo de água no solo, dentre outros.

A bacia possui uma altitude média de 1.310 m. A Figura 1.9 mostra a distribuição da altitude e no Quadro 1.5, verifica-se a porcentagem da área de drenagem nas faixas altimétricas definidas. Observa-se que a maior parte da altitude, de acordo com a área da bacia, apresenta-se na faixa entre 1.300 e 1.400 m, correspondendo a 26,77%.

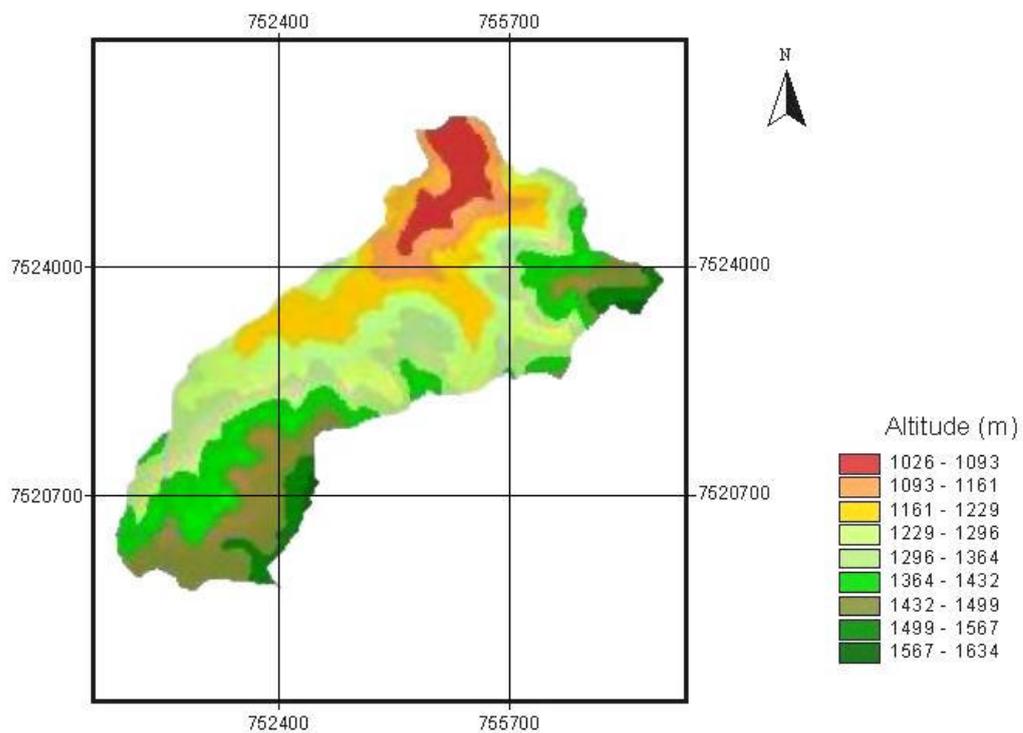


FIGURA 1.9 – Distribuição das faixas altimétricas definidas para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

QUADRO 1.5 - Distribuição da altitude de acordo com a área da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

Altitude	Área (km²)	%
1026 – 1100	0,5934	5,98
1100 – 1200	1,3690	13,80
1200 – 1300	2,5994	26,21
1300 – 1400	2,6550	26,77
1400 – 1500	2,2320	22,50
1500 – 1600	0,4550	4,58
1600 - 1635	0,011	0,12

De acordo com CASTRO (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é baixa e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água, ao passo que em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para evaporação da água. As altitudes elevadas tendem a receber maior quantidade de precipitação, além da perda de água ser menor. Nessas regiões, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando um suprimento de água que mantém o abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pelas nascentes dos cursos d'água.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados e as discussões anteriores pode-se concluir que:

- a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan aponta para uma bacia de forma mais alongada, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma. Isso denota um forte controle estrutural da drenagem.

- a bacia possui boa densidade de drenagem, sendo este um fator importante, pois auxilia substancialmente no planejamento do manejo de uma bacia hidrográfica.

- a bacia que possui uma área de drenagem de 9,92 km² tem como formação florestal dominante a Floresta Ombrófila Densa Montana e ainda, a floresta nebulosa e secundária, conferindo assim, boa proteção do solo. Solos profundos condicionam uma melhor infiltração da água de chuva, parte da qual irá abastecer o lençol freático, e, conseqüentemente, reduz o escoamento superficial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASPIAZÚ, C.; BRITES, R. S. SIGs. **Sistemas de informações geográficas: conceituação e importância.** Viçosa: UFV/SIF. 29p. 1989. (Boletim técnico, 2).

de AZEVEDO, E.C. **Vazão e características físicas e químicas do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis*.** 1995. 92 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARBALHO, V.M.S. **A geoecologia na gestão integrada de bacia hidrográfica.** 1996. 21 f. Monografia (Monografia para a disciplina Geoecologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BASILE, R.O.N.C; NEGREIROS, A.B.; MIGUEL, F.L.C.G. A estrutura da Floresta Atlântica de encosta e arquitetura de raízes arbóreas: maciço da Tijuca – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, Rio de Janeiro, 2003. **Anais...** Rio de Janeiro.

BERNARDES, L.N.C. Tipos de clima do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 14, n. 1, p. 57 – 80. 1952.

BOHRER, C.B. de A. **Ecology and biogeography of a Atlantic Montane Forest in Southeastern Brazil.** 1998. 247 f. Tese (Ph.D. em Geografia), Edinburgh University.

CASTRO JR., E. **O papel da fauna endopodônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície.** 1992. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CEBALLOS, A. e SCHNABEL, S. Hydrological behaviour of a small catchment in the dehesa landuse system (Extremadura, SW Spain). **Journal of Hydrology**, v. 210, p. 146-160, 1998.

COELHO NETTO, A.L. **Surface hidrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, RJ.** 1985. 181 f. Tese Ph.D., Katholieke University Leuven, Belgium.

COELHO NETTO, A.L. O geoeossistema da Floresta da Tijuca. In: ABREU, M.A.A. **Natureza e sociedade no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: biblioteca carioca/IPLANRIO, p. 104-142. 1992.

Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990.** Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 83p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da X reunião Técnica de Levantamento de Solos.** Rio de Janeiro, 1979, 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

EUCLYDES, H.P. **Regionalização de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Juatuba – MG.** 1992. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, C. C. M. **Zoneamento agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos, em Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1997. 158p.

FREIRE ALEMÃO, A.V. **Recarga e drenagem em solos florestados: o papel dos sistemas radiculares.** 1997. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. **Digital elevation model issues in water resources modeling,** Proceedings of the 19th ESRI Users Conference, San Diego: CA, 1999. CD-ROM.

GUERRA, A.J.T.e CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

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

JANSEN, R.C. **Distribuição dos sistemas radiculares em encostas florestadas e sua influência sobre a infiltração.** 2001. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LIMA, H.C. e GUEDES-BRUNI, R.R. (Ed.). **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1997. 346p.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986, 242p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.

OLIVEIRA, V. et al. Pedologia. Levantamento Exploratório de Solos. In: **Projeto RADAMBRASIL, Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro/Vitória, 1983. v.32, folhas SF 23/24, p. 385-552.

PESSOA, S de V.A., GUEDES-BRUNI, R.R., KURTZ, B.C. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um trecho secundário de floresta montana na Reserva Ecológica de Macaé de Cima. In: Lima, H.c. de e Guedes-Bruni, R.R. (eds.). **Serra de Macaé de Cima: Diversidade Florística e Conservação em Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1997. p.147-168.

PROGRAMA MATA ATLÂNTICA. **Relatório final**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro/ IBAMA, Linhas de Ação em Botânica/ CNPq, Instituto Pró-Natura, The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation, Shell Brasil S.A. 1990. 220p.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983. 775p. v. 32

RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. Plano de ação. Volume 1: referências básicas. 1992

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. v. 2. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. 374p.

ROCHA, J.S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM, 1991. 181p.

SANTOS, A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG**. 2001. 141f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

da SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C.E.M. (org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 1 ed. São Paulo: EDUSP, 1993. p 35-51.

SOUZA. C.G., et al. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Minas Gerais: EMATER, 2002. 124p.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. v.38. Transactions: American Geophysical Union, 1957., p. 913-920.

THORNTHWAITE, C.W.& MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of climatology, 1955.

VALLEJO, L.R. **A influência do litter na distribuição de águas pluviais**. 1982. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VELLOSO, H.P., RAGEL FILHO, A.L.R., LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

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

WANG, X. e YIN, Z. Y. A. Comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. **Journaul of Hidrology**, v. 210, p. 221-241, 1998.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DE UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, NOVA FRIBURGO, RJ

RESUMO

CARDOSO, Christiany Araujo. M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Comportamento hidrológico de um fragmento de Mata Atlântica, Nova Friburgo, RJ.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias. Conselheiros: Carlos Pedro Boechat Soares e Sebastião Venâncio Martins.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento hidrológico, o volume de entrada e saída de água da Bacia hidrográfica do rio Debossan, onde localiza-se uma importante estação de captação de água, administrada pela Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo LTDA (CAENF), inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, município de Nova Friburgo. Para isso, foram obtidos dados de vazão e precipitação diários do período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004. A partir destes dados, foram calculados alguns parâmetros hidrológicos, como vazão específica e deflúvio. A precipitação média observada para os três anos foi 2.163 mm, sendo que os meses de dezembro/2002 e janeiro/2003, apresentaram os máximos valores. A vazão média anual para o período foi de 0,86 m³/s, apresentando o mês de dezembro de 2002 com maior índice e setembro de 2004 o menor. O balanço hídrico, em termos

médios anuais para os três anos de medições, mostra uma evapotranspiração de 1.923,04 mm, equivalendo a 88% da precipitação convencional. Pode-se dizer, que o ecossistema florestal exerce um efeito tamponante sobre a quantidade de água da bacia hidrográfica, mantendo uma grande vazão nos meses de menor pluviosidade. Ao analisar a relação entre a entrada de água na bacia, o uso atual do solo, e a quantidade de água produzida, observou-se que uma bacia hidrográfica bem preservada tem fundamental importância na manutenção constante da vazão ao longo do ano, além da visível participação na qualidade da água.

1. INTRODUÇÃO

A água é de vital importância para a sobrevivência de todos os seres vivos uma vez que está presente na maioria dos processos metabólicos dos organismos vivos. Além dessa atuação vital, levando-se em conta o ciclo hidrológico, ela interage com todo o ambiente e com o ecossistema, acumulando todas as informações dessas interações e, assim, funcionando como indicador ambiental de grande eficiência (OKI, 2002).

As florestas desempenham um papel muito importante na captação e distribuição de água de chuva nas bacias hidrográficas, no processo de suprimento de água para a recarga dos aquíferos, assim como na regulação do escoamento de água das bacias (ARCOVA e CICCIO, 1997).

No contexto de ambientes mais ameaçados no Brasil, destaca-se o corpo florestal que reveste as serras e planícies que margeiam a Costa Atlântica, denominada popularmente de Mata Atlântica, cuja cobertura remanescente restringe-se a cerca de 6% de sua área original (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

De acordo com projeções históricas, 97% da área do estado do Rio de Janeiro, era coberta por florestas de Mata Atlântica (Fundação S.O.S. Mata Atlântica/INPE, 1993 citado por TANIZAKI e MOULTON, 2002). Com uma população atual superior a 13 milhões de habitantes, além de ser um dos Estados com ocupação mais antiga do Brasil, sua área de cobertura florestal já está reduzida a menos de 20% em relação àquela existente originalmente. Concentra-se nos municípios de maior estado de preservação, destacando-se a Região Serrana, algumas áreas da Baía de Sepetiba e áreas do litoral (TANIZAKI e MOULTON, 2002).

Na lista dos municípios que têm a maior área de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, na região serrana, se destaca por ocupar o quinto lugar com 45% da sua área coberta (Fundação SOS Mata Atlântica, citado por AGUIAR et al., 2004).

Neste município encontra-se a Reserva Ecológica de Macaé de Cima. Uma mancha florestal contínua do trecho da Serra do Mar, constituindo-se num importante remanescente da Mata Atlântica na porção central do Estado do Rio de Janeiro.

A bacia hidrográfica do rio Debossan localiza-se à montante da estação de captação de água de Nova Friburgo, e está inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima.

Para poder avaliar o efeito que poderia ter qualquer perturbação numa bacia hidrográfica, é necessário antes, conhecer muito bem as características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, a fim de estabelecer as condições hidrológicas e de qualidade da água no ecossistema natural, para posteriormente poder fazer a comparação com aqueles onde tiveram intervenções antrópicas. A análise destes aspectos do ecossistema envolve características de clima, geomorfologia, solo, vegetação, deflúvio e evapotranspiração, com o que pode-se quantificar os processos hidrológicos da bacia e correlacioná-los às diferentes variáveis relacionadas com a quantidade e qualidade da água, assim como sua dinâmica.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização hidrológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, a partir da precipitação de chuvas e o deflúvio ao longo de 36 meses de observação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreendeu a bacia de contribuição à montante da estação de captação de água de Nova Friburgo, administrada a aproximadamente 6 anos pela Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF). Situada no município de Nova Friburgo, RJ a 137 km da capital do Estado do Rio de Janeiro (Figura 2.1).

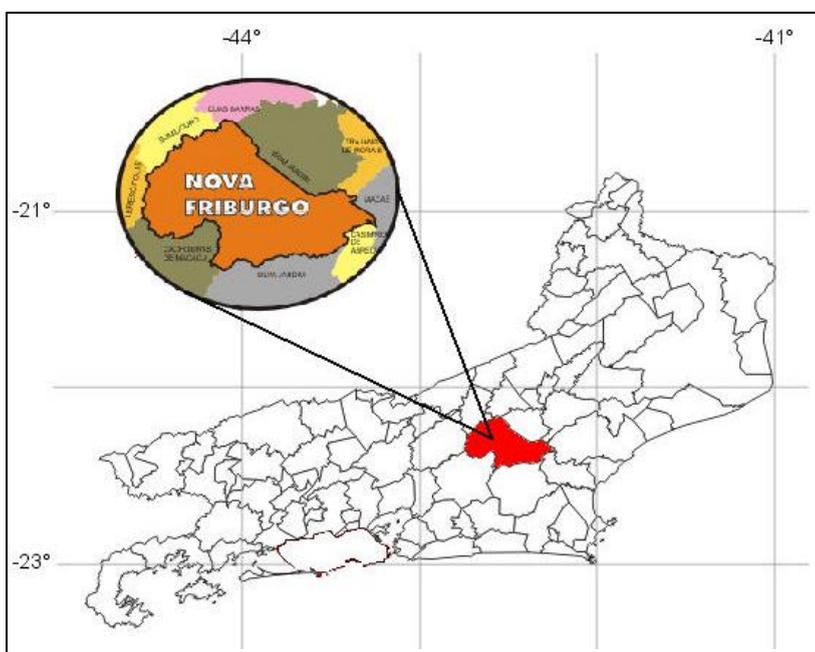


FIGURA 2.1 - Localização do Município de Nova Friburgo em relação ao estado do Rio de Janeiro.

A bacia é formadora do rio Debossan sendo um importante afluente do rio Bengalas no município de Nova Friburgo (Figura 2.2). Este, por sua vez, tributário do rio Paraíba do Sul.

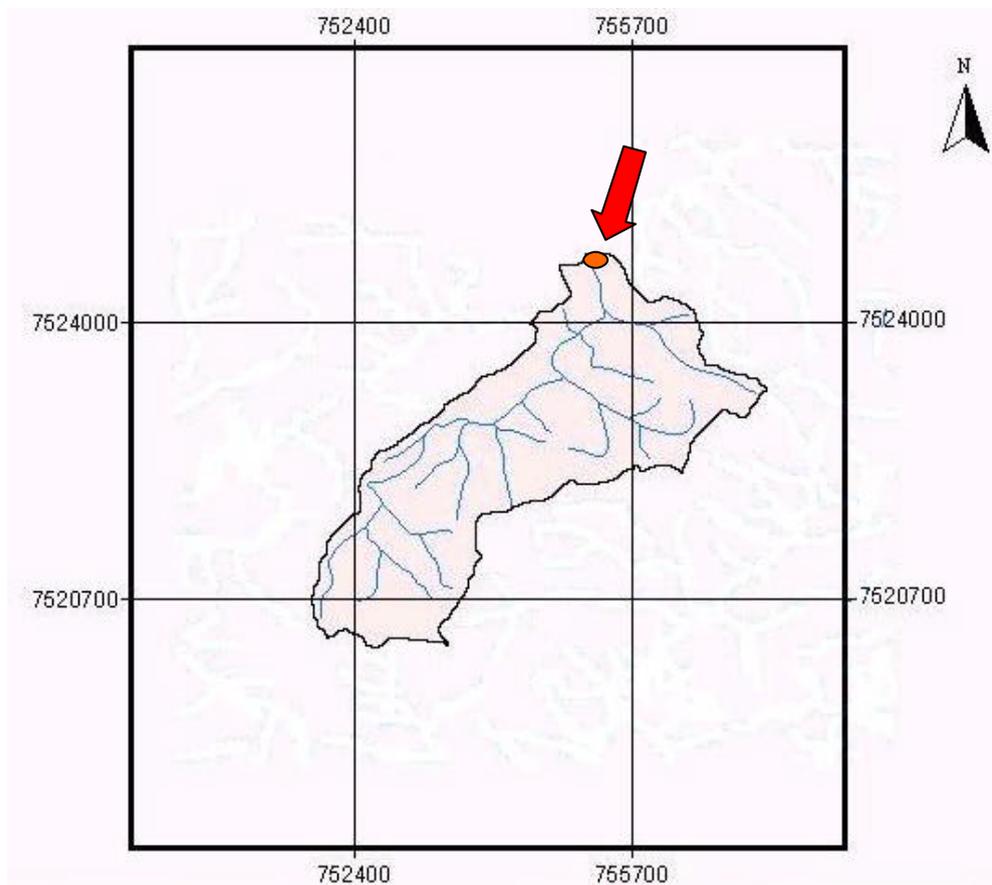


FIGURA 2.2 - Bacia hidrográfica do rio Debossan destacando a estação de captação de água, Nova Friburgo, RJ, 2004.

A estação de captação abastece 14.362 residências, com uma média de 3,11 habitantes por residência, totalizando assim, 44.665,82 habitantes beneficiados. Para isso, tem-se uma represa com capacidade de aproximadamente 30 milhões de litros para um abastecimento regular mesmo nas épocas com pouca precipitação.

A área da Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF) corresponde a 4 km² e a área de drenagem da bacia equivale a 9,9156 km², possuindo como altitude máxima, média e mínima, 1.635, 1.310 e 1.026 metros, respectivamente, e declividade máxima, média e mínima de 150,89%, 32,61% e 0,13%.

A bacia está inserida na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, a qual é totalmente coberta por fragmento de Mata Atlântica.

Criada pelo Decreto Municipal nº 156, de 03 de janeiro de 1990, a reserva possui uma área aproximada de 7.200 ha (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

A mancha florestal contínua deste trecho da Serra do Mar, na qual encontra-se incluída a reserva, tem aproximadamente 35.000 ha, constituindo-se num importante remanescente da Mata Atlântica na porção central do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo um maciço composto principalmente pelas serras de Macaé de Cima, São João, Santana, Botija e Rio Bonito. A área encontra-se situada nos limites dos municípios de Cachoeira de Macacu, Silva Jardim e Nova Friburgo, latitudes de 22° 21' e 22° 28' S e longitude de 42° 27' e 42° 35' W (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997).

A vegetação apresenta uma fisionomia predominantemente florestal, com a presença de pequenos trechos de formações campestres naturais representadas pelos Campos de Altitude. A classificação fitogeográfica para esta formação florestal é Floresta Ombrófila Densa Montana (VELLOSO et al., 1991) ou Floresta Pluvial Atlântica Montana (RIZZINI, 1979).

Segundo BOHRER (1998) a Floresta Montana tem uma diversidade e densidade considerável de epífitas, com muitas espécies de Bromeliaceae, Orchidaceae, Cactaceae e de Araceae.

A Reserva Ecológica de Macaé de Cima possui 24 espécies endêmicas já identificadas, demonstrando a singularidade da flora local caracterizando a área como reduto de diversidade e endemismo do ecossistema Mata Atlântica (PROGRAMA MATA ATLÂNTICA, 1990).

O relevo da bacia é considerado como fortemente ondulado. A classe de solo predominante na região é o Cambissolo, com ocorrência de Latossolos (RADAMBRASIL, 1983). Análises de solo indicam uma textura argilo-arenosa com baixa capacidade de retenção de água (LIMA e GUEDES-BRUNI, 1997). O pH é fortemente ácido (WUTCKE, 1972), com teores de cálcio e magnésio muito baixos enquanto os de alumínio apresentam-se altos em todas as profundidades.

O Município de Nova Friburgo faz parte da região sudeste brasileira onde possui uma notável diversidade climática, caracterizando-se pelo predomínio do clima sub-tropical. O principal determinante desta série de variedades climáticas é

a orografia da área, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação (NIMER, 1989).

O clima regional é do tipo superúmido e mesotérmico na classificação de THORNTHWAITE & MATHER (1955), correspondendo à designação Cfb de Köppen (BERNARDES, 1952).

As temperaturas médias anuais do Município, durante o período de 1961 e 1990, variaram com mínima de 13,8° C e máxima de 24,3° C. Fevereiro apresentou-se como o mês mais quente com temperatura média de 27,6° C e julho como o mês mais frio com temperatura média de 9,5° C. A precipitação total anual, para o ano de 1992, foi de 1246,3 mm, a evaporação total anual foi de 605,3 mm e a umidade relativa anual foi de 80% (DEPTO. NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992).

3.2 Precipitação atmosférica total

A precipitação total foi determinada por meio de um pluviômetro com área de captação de 132,25 cm², instalado em local aberto sobre o vertedouro, a uma altura de 1,5 metro do solo.

As leituras foram feitas diariamente no período de 1º de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2004.

3.3 Vazão

Com uma régua graduada em centímetros colocada verticalmente no vertedouro, fez-se leituras diárias da altura da lâmina d'água em metros. A vazão foi determinada baseando-se na diferença de volume existente no reservatório, localizado na saída da bacia. Para isso, utilizou-se a seguinte equação cedida pela Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo (CAENF):

$$V = 2024,9 h^2 + 24514 h + 72416 \quad (1)$$

em que: V: volume (m³)

h: altura da lâmina d'água (m)

As leituras da altura da lâmina d'água foram feitas diariamente no período de 1º de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2004.

- Vazão específica

A vazão específica foi determinada baseada na seguinte equação:

$$Q_e = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

em que: Q_e : vazão específica ($m^3/s.km^2$)

Q : vazão média (m^3/s)

A : área de drenagem da bacia (km^2)

3.4 Balanço Hídrico

Segundo LIBERMAN e FLETCHER (1947) e BRAKENSIEK (1959), a equação do balanço hídrico anual pode ser escrita por:

$$\text{Acréscimo} = \text{Decréscimo} + \Delta \text{ (Armazenamento de umidade do solo)} \quad (4)$$

em que:

Acréscimo: precipitação

Decréscimo: runoff (superficial e subsuperficial), evapotranspiração e percolação

Δ : diferença entre conteúdo de água no perfil do solo do início e final do ano hídrico (armazenamento de água)

Como o balanço hídrico considera ciclos anuais nos quais o armazenamento de água no solo, em termos médios anuais, estaria equilibrado, tem-se, então, que este componente poderia ser considerado desprezível nos

cálculos, razão pela qual a avaliação final do balanço hídrico pode ser feita segundo a equação simplificada:

$$ET = P - Q \quad (5)$$

em que: ET: evapotranspiração (mm)

P: precipitação (mm)

Q: deflúvio (mm)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação atmosférica total

A precipitação atmosférica anual obtida para os anos de 2002, 2003 e 2004 foi de 2.033; 2.252 e 2.205 mm, respectivamente.

A Figura 2.3 mostra a distribuição das precipitações médias mensais durante o período estudado.

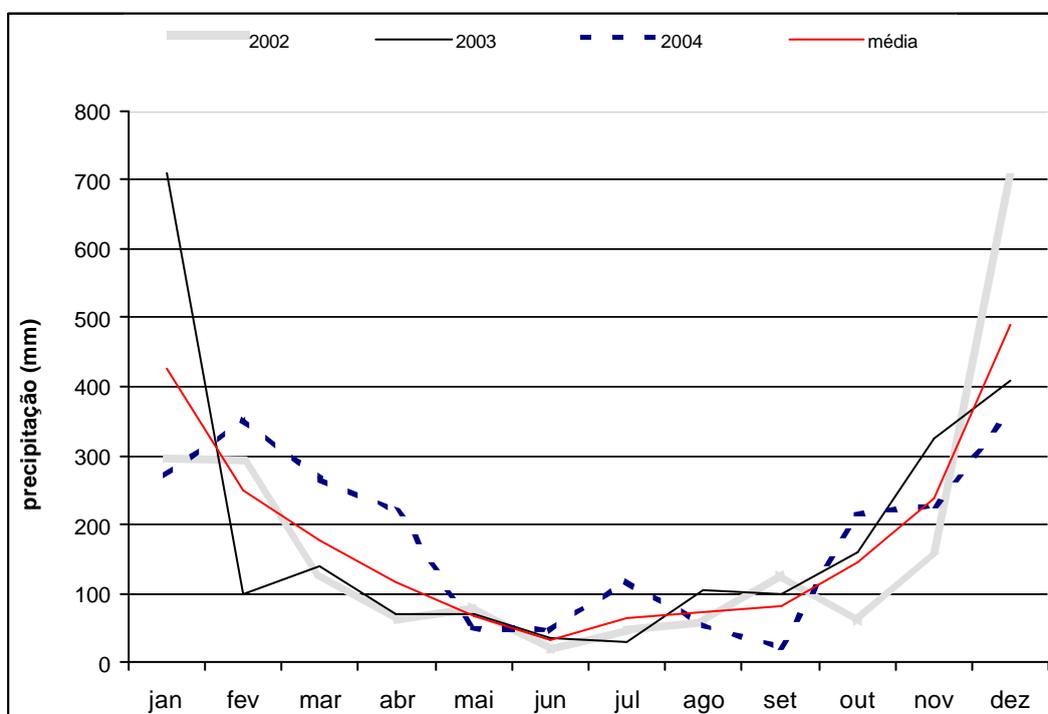


FIGURA 2.3 - Distribuição da precipitação para os anos de 2002, 2003 e 2004 para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

Observa-se uma clara diferença entre a estação mais chuvosa, correspondendo de outubro a março com valor médio de 275 mm e a estação com menor pluviosidade, que vai de abril a setembro, com valor médio de 73 mm.

O comportamento da precipitação para os três anos acompanhados, foi semelhante ao observado nas normais climatológicas de 1960 (Figura 2.4). No entanto, a precipitação anual média para o período avaliado foi extremamente superior às normais climatológicas, demonstrando que a região passa por um período atípico de precipitação.

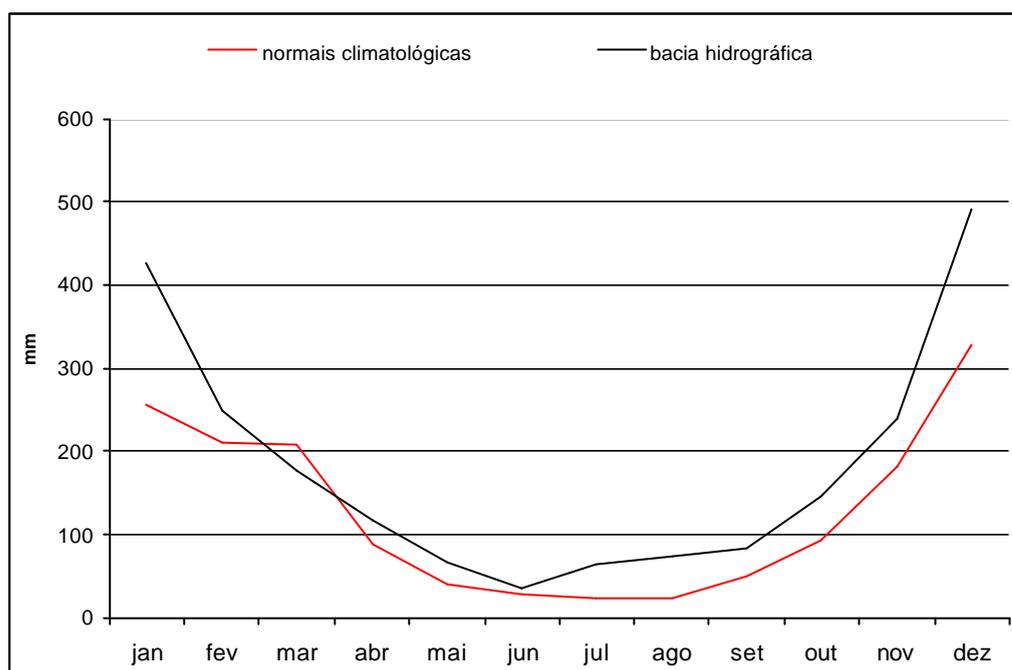


FIGURA 2.4 - Distribuição da precipitação média das normais climatológicas (1931-1960) e da precipitação média dos anos observados (2002-2004) para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

Os três meses mais chuvosos foram os meses de dezembro de 2002, janeiro e dezembro de 2003 com 703, 708 e 408 mm, respectivamente. E os três meses com menor pluviosidade corresponderam a junho de 2002, julho de 2003 e setembro de 2004 com 18, 29 e 22 mm, respectivamente.

A diferença de períodos chuvosos e menos chuvosos foi mais evidente nos anos de 2002 e 2003, sendo que para o ano de 2004 houve uma distribuição mais homogênea da chuva.

A alta pluviosidade para a área estudada, com média de 2.163 mm para os três anos, pode ser explicada pela orografia da região e pelo posicionamento da bacia de drenagem (NE-SW) sendo influenciada pelas frentes frias provenientes do Atlântico Sul (SE).

No período chuvoso (outubro a março), tem-se 80,67% das precipitações ocorridas durante o ano de 2002, 81,67% em 2003 e 76,78% em 2004, com valor médio entre os anos de 1.724,3 mm.

A distribuição das classes de precipitação, por sua vez, é mostrada no histograma da Figura 2.5.

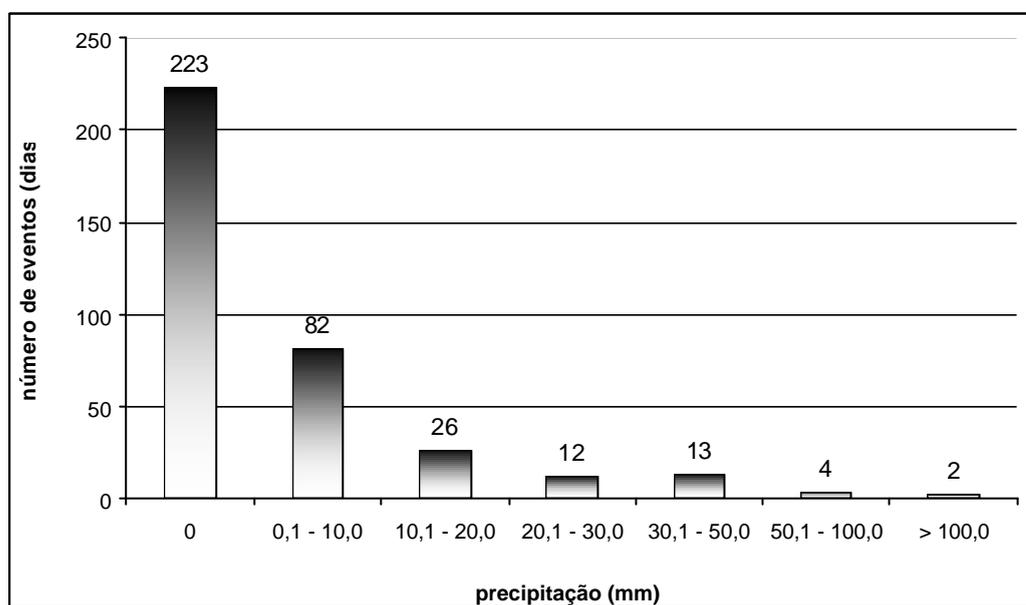


FIGURA 2.5 - Histograma da distribuição das classes de chuvas ocorridas durante os três anos de observação na Bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ, 2004.

Observa-se que nos 1096 dias do período de estudo, 223 dias (59,10%) ficaram sem chuva, enquanto 82 dias (22,53%) das chuvas verificadas no período foram inferiores a 10 mm.

Esse padrão indica que a chuva concentra-se em menos de 50% dos dias estudados e conforme aumenta a intensidade pluviométrica, reduz o número de ocorrências.

Durante os eventos de precipitação, a água, antes de atingir o canal fluvial, passa por diversos elementos que compõem a superfície e a sub-superfície do

sistema da bacia de drenagem. Neste processo, a água estimula e desencadeia diversas funções nos elementos integrantes do sistema e por consequência interativa é, também, direcionada por estas funções. O direcionamento do fluxo hidrológico está associado às condições ambientais que a precipitação encontra ao atingir a superfície. Dependendo do tipo de cobertura vegetal, do uso dado ao solo, tipo de manejo e da estrutura física dos solos entre outras variáveis, a condição de infiltração, geração de escoamento superficial e transporte de sedimento variam enormemente.

4.2 Vazão

As vazões médias mensais para os anos estudados na bacia hidrográfica do rio Debossan estão representadas na Figura 2.6 e a vazão média anual é mostrada no Quadro 2.1.

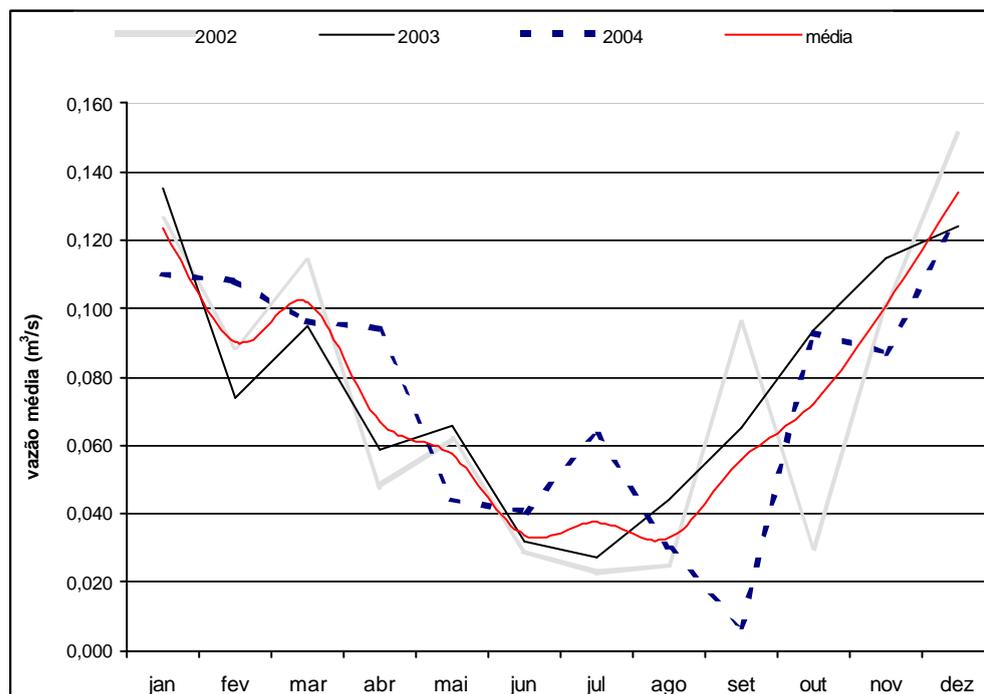


FIGURA 2.6 - Vazão média mensal para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004 para a bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

QUADRO 2.1 - Vazões médias anuais da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

ANO	Q (m³/s)
2002	0,074
2003	0,077
2004	0,075

Numericamente, há uma diferença muito grande na variação da vazão entre os meses de maior e menor pluviosidade. Porém, observa-se a capacidade de retenção de água no período de maior precipitação, o que permite que grande parte das chuvas incidentes na área de drenagem infiltre no solo, escoando gradualmente nos meses de menor precipitação. Como a bacia hidrográfica possui forma mais alongada, o volume de água da chuva que entra concentra-se em diferentes pontos, apresentando assim, maior tempo de concentração de água na saída da bacia.

É importante notar na Figura 2.6 que os extremos de precipitação causam grandes acréscimos na vazão, provavelmente, por superar a capacidade de retenção de água do solo e da floresta, já que trata-se de um período atípico. Nesta variação ao longo do ano é de suma importância observar a vazão nos meses de menor precipitação pois, estas representam o escoamento base, que em termos médios, na bacia em estudo, foi de 0,03 m³/s.

A vazão média mensal máxima correspondeu ao mês de dezembro de 2002, com uma grandeza de 0,151 m³/s, enquanto que a vazão média mensal mínima equivaleu ao mês de setembro de 2004, com 0,007 m³/s. Nos períodos chuvosos, para os três anos de estudo, a intensidade pluviométrica foi atípica, denotando uma vazão também atípica.

Devido a área de estudo possuir um reservatório na saída da bacia hidrográfica, onde localiza-se a estação de captação de água, com capacidade de aproximadamente 30 milhões de litros, a Concessionária de Nova Friburgo consegue manter um abastecimento regular mesmo nas épocas com pouca precipitação.

No município de Teixeira de Freitas, BA, foi observado diferentes valores de vazão para áreas com tamanhos variados e diferentes usos e ocupação do solo. Para uma área de 0,668 km², ocupada por 67,3% de floresta, obteve-se uma vazão equivalente a 0,010 m³/s. Para uma área de 0,257 km², ocupada 100% por pastagem, obteve-se uma vazão de 0,00171 m³/s, e para uma área de 2,34 km², ocupada por 77% de *Eucalyptus grandis*, uma vazão de 0,032 m³/s (AZEVEDO, 1995).

Esta correlação entre bacias com diferentes usos, demonstra que a ocupação do solo é bastante importante quando se deseja um manejo adequado da bacia hidrográfica. No entanto, outros fatores como fisiografia e tipo de solo exercem também grande influência. Esta complexidade de fatores envolvidos torna difícil a comparação entre bacias.

Uma forma de reduzir a complexidade, diminuindo o efeito da área da bacia, pode ser alcançado utilizando-se a vazão específica. A vazão específica média para os anos de 2002, 2003 e 2004 foi, aproximadamente de 0,09 m³/s.km². Isto indica a relação entre a vazão natural e a área de drenagem da bacia hidrográfica relativa a uma seção de um curso d'água. O que é comparável às vazões específicas verificadas por AZEVEDO (1995), que encontrou 0,0655 m³/s.km²; 0,0138 m³/s.km² e 0,1367 m³/s.km² sendo estas ocupadas, respectivamente, por mata (50%), pastagem (100%) e *Eucalyptus grandis* (77%).

O regime hidrológico das bacias Hidrográficas, ou seja, as respostas emitidas na saída do canal principal, frente a entrada de energia pelos eventos de precipitação, são resultantes da interação de todos os elementos e fatores que compõem o interior deste sistema. Os processos que regulam a vazão durante os eventos de precipitação, seu volume e regime, variam de acordo com o clima, vegetação, uso do solo, topografia e características da chuva (FREITAS, 1998).

COELHO NETO (1985) conclui que as respostas rápidas da vazão indicam a contribuição de áreas fontes produtoras de fluxos superficiais, enquanto respostas mais lentas indicam áreas fontes sub-superficiais. Desta forma, a autora afirma que as resultantes das transformações ocorridas no interior do sistema de drenagem são passíveis de serem avaliadas na saída da bacia, a partir da vazão líquida como resposta as chuvas (regime hidrológico), e na vazão sólida, como demonstrativa da produção de sedimento das vertentes.

4.3 Balanço hídrico

No Quadro 2.2 encontram-se os valores de evapotranspiração calculados pelo método do balanço de massa e precipitação média para o período de 2002-2004 e evapotranspiração potencial segundo Thornthwaite & Mather (1955) e precipitação média para o período de 1931-1960.

QUADRO 2.2 - Estimativa da evapotranspiração segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955) e pelo balanço de massa.

Meses	Thornthwaite & Mather		Balanço de massa	
	ETP (mm)	P (mm)	ET=P-Q (mm)	P (mm)
Janeiro	104	256,9	391	424,7
Fevereiro	90	211,5	226	248,0
Março	91	208,9	150	177,7
Abril	67	89,5	100	117,6
Mai	51	41,3	52	67,3
Junho	41	28,0	25	34,0
Julho	39	23,1	54	64,6
Agosto	47	23,4	64	72,6
Setembro	57	49,9	68	83,0
Outubro	72	93,2	125	144,5
Novembro	83	180,0	212	238,3
Dezembro	97	328,7	455	491,0
Total	839	1534,4	1923	2163,6

Ao se comparar os resultados do balanço hídrico obtidos pelo método de Thornthwaite & Mather e do balanço de massa, este último apresenta valores superiores. Deve-se considerar, entretanto, que os valores de evapotranspiração obtidos pelo balanço de massa, refere-se à evapotranspiração do ecossistema florestal da bacia hidrográfica e estão incluídas as demais formas de evaporação, como a da lâmina d'água do reservatório com capacidade para 30 milhões de litros exposta à radiação solar, vento, etc e as variações do armazenamento de água no solo.

Um reservatório de acumulação pode influenciar na taxa de evapotranspiração, devido ao crescimento da evaporação decorrente do aumento da superfície líquida sujeita ao processo evaporativo,. No reservatório de Sobradinho, situado no rio São Francisco, com uma área de 4.000 km², por exemplo, as perdas por evaporação foram da ordem 200 m³/s, equivalendo a aproximadamente 1.576 mm ao ano (de MATOS, da SILVA, PRUSKI, 2003).

A importância da floresta na retenção temporária da água da chuva no ecossistema foi observada na Amazônia Central por LEOPOLDO et al. (1995). Durante 3 anos de estudo, os autores notaram que apenas 3% da água da chuva era perdida pelo escoamento superficial.

O balanço hídrico envolve a quantificação dos componentes do sistema visando o melhor entendimento de seu comportamento e baseia-se no princípio de conservação de massa, sendo analisado pelos insumos de entradas e pelas saídas de água do sistema (TUCCI, 2000, ZAKIA, 1987).

As possíveis entradas no sistema incluem precipitação, orvalho, precipitação oculta, ascensão capilar, enquanto que as possíveis saídas incluem evapotranspiração, escoamento superficial, escoamento sub-superficial e escoamento base.

Pela equação do balanço hídrico, o deflúvio é o saldo contábil entre a entrada de água pelas chuvas e as perdas evaporativas. Assim, quantidades idênticas de precipitação em duas bacias devem produzir quantidades variadas de deflúvio, devido a diferentes características físicas da bacia hidrográfica (CHANG, 1982).

A quantidade de água que a floresta devolve para a atmosfera pode representar uma grande diferença na produção de água pela bacia. De acordo com STUART (2003), cerca de 70% da quantidade da água precipitada sobre a superfície terrestre retorna à atmosfera pelos efeitos da transpiração, interceptação e evaporação direta da água do solo. A interceptação pela copa tem importante papel, pois pode representar uma grande quantidade de água que retorna para atmosfera durante a ocorrência de uma chuva.

Além das relações com o uso dos solos, diversos fatores geomorfológicos influenciam no funcionamento hidrológico de uma bacia. A influência do substrato geológico na forma da bacia, na orientação da rede de drenagem e na formação

de níveis de base locais ressalta a importância destes parâmetros no estudo da dinâmica de bacias hidrográficas (FREITAS, 1998).

De acordo com a equação básica ($P - ET - Q - \Delta S = 0$), o cálculo do déficit de escoamento pelo balanço de massas, diferença entre a precipitação e o deflúvio e desconsiderando a variação no armazenamento de água no solo, a evapotranspiração média anual da bacia foi estimada em 88%, correspondendo a 1.923 mm.

A Figura 2.7 mostra a variação da evapotranspiração nos diferentes anos relacionada com a pluviometria e o deflúvio dos mesmos.

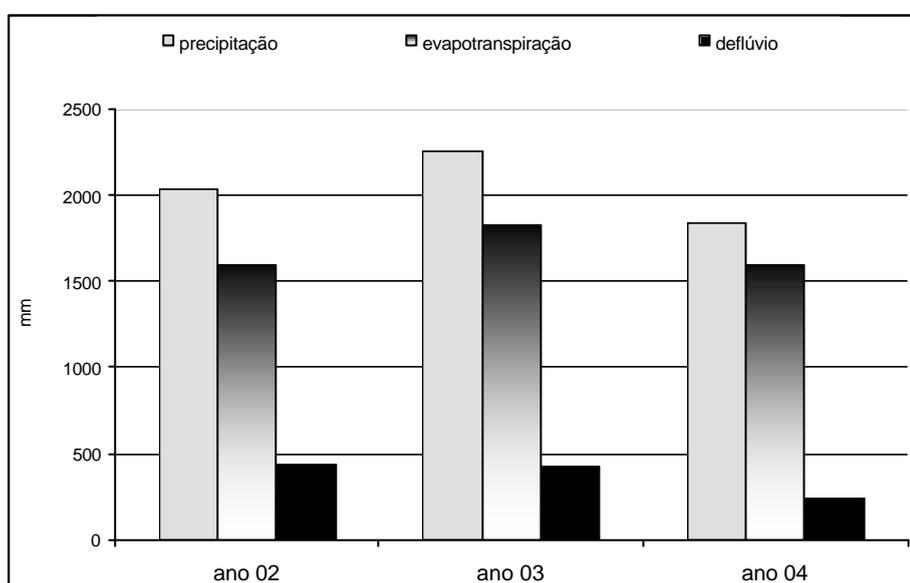


FIGURA 2.7 - Relação entre precipitação, deflúvio e evapotranspiração da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

A máxima evapotranspiração mensal foi observada em janeiro de 2003, sendo de 671 mm, correspondendo a 94% da precipitação deste mês. E a mínima foi em junho de 2002 com 10 mm, correspondendo a 57% da precipitação.

A partir dos resultados apresentados, pode-se inferir que a evapotranspiração da bacia é influenciada pela evaporação da lâmina d'água do reservatório, interceptação pelo dossel da floresta, variação da água no solo, enquanto que o deflúvio é representado pelo escoamento superficial, sub-superficial e escoamento base.

4.4 Relação entre Precipitação e Deflúvio

A distribuição da precipitação média e do deflúvio para o período em estudo está representada na Figura 2.8.

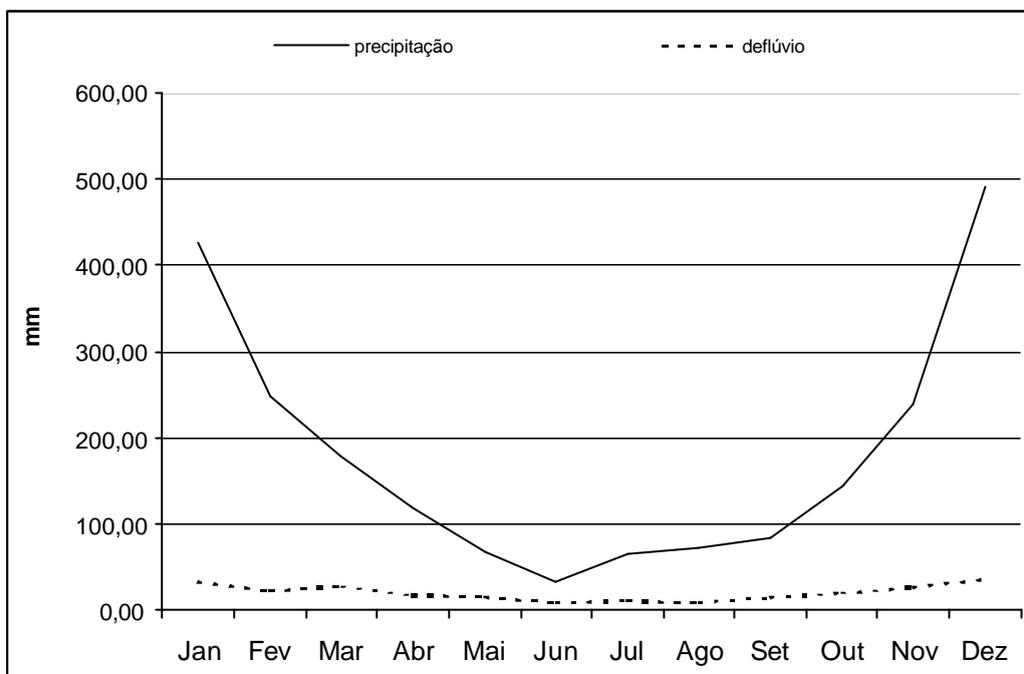


FIGURA 2.8 - Distribuição da precipitação e deflúvio para o período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004 da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.

A relação percentual entre precipitação e deflúvio é de 10,2% para 2002, 8,78% para 2003 e 7,01% para 2004. Trabalhos realizados por BOSCH e HEWLETT (1982) e LEOPOLDO et al. (1992) encontraram valores próximos a 30%. Isso se deve a um provável efeito tamponante do ecossistema florestal, já que nos grandes picos de chuva, como os observados em janeiro, fevereiro e dezembro de 2002 e janeiro, novembro e dezembro de 2003 e ainda de janeiro a abril de 2004, o deflúvio manteve-se praticamente constante. O contrário também ocorre, onde os meses que se mostraram com menor pluviosidade, a vazão manteve-se com o mesmo valor.

VALENTE e CASTRO (1983) relataram que a bacia hidrográfica não deve funcionar como recipiente impermeável, devolvendo toda a água recebida pela precipitação logo após cessada a chuva. Ela deve reter boa parte desta água,

armazená-la em seu lençol subterrâneo e, paulatinamente, cedê-la aos cursos d'água, mantendo boa vazão durante os períodos de seca.

A bacia hidrográfica do rio Debossan é coberta totalmente por fragmento de Mata Atlântica, provida assim, de vegetação alta e densa. Segundo LIMA (1984), neste tipo de bacia, a interceptação da água da chuva pela copa das árvores, o processo dinâmico da evapotranspiração e a capacidade de infiltração da água no solo são fatores importantes, que explicam a pouca variação do nível da água nos cursos. Outro aspecto é quanto ao retardamento da movimentação da água em direção aos cursos d'água, o que, segundo CASTRO (1985), é devido à interceptação pela mata, que pode causar diminuição no total da água da chuva que atinge o solo e, conseqüentemente, redução no escoamento superficial.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos para o período de 2002 a 2004, pode-se concluir que a bacia hidrográfica do rio Debossan apresenta as seguintes características hidrológicas:

- a precipitação pluviométrica na bacia é dividida em dois períodos bem definidos, os meses de maior pluviosidade, outubro a março, com valor médio de 275 mm e de menor pluviosidade, que vai de abril a setembro, com valor médio de 73 mm.

- a precipitação para o período de estudo foi bastante superior às normais climatológicas, sugerindo que este período é atípico em termos quantitativos de chuva.

- os índices pluviométricos do período de estudo em relação às normais climatológicas, provavelmente, provocaram grande diferença entre a vazão no período chuvoso e o período de estiagem.

- a grande capacidade de retenção de água no solo e na floresta é demonstrada pela vazão na estação de estiagem, representada pelo escoamento base que, possivelmente, atinge 0,03 m³/s.

- a grande evapotranspiração obtida pelo balanço de massa para a bacia, provavelmente, pode está associada a grande evaporação do reservatório juntamente com a evapotranspiração do maciço florestal.

- a capacidade de retenção de água da floresta no solo, provocaram um efeito tampão, amenizando os picos de vazão nos períodos de alta pluviosidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F.; AMORIM, H.; FERNANDES, J.; NORONHA, S.; GALVÃO, V. A natureza ameaçada. **O Dia**, Rio de Janeiro, 11 julho 2004. *O Dia no Estado*, p.1.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha – SP. **Revista Instituto Florestal de São Paulo**, v.9, n.2, p.153-170. 1997.

AZEVEDO, E.C. **Vazão e características físicas e químicas do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis***. 1995. 92 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa.

BERNARDES, L.N.C. Tipos de clima do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 14, n. 1, p. 57 – 80. 1952.

BOHRER, C.B. de A. **Ecology and biogeography of a Atlantic Montane Forest in Southeastern Brazil**. 1998. 237 f. Tese (Ph.D. em Geografia), Universidade de Edinburgh.

BOSCH, J.M. e HEWLWTT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 55, p. 3-23. 1982.

BRAKENSIEK, D.L. Selecting the water year for small agricultural watersheds. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 2, p. 5-8. 1959.

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, CNPF, 1985, p. 14-22.

COELHO NETTO, A.L. **Surface hidrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, RJ.** 1985. 181 f. Tese Ph.D., Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990.** Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 83p.

FREITAS, M.M. **Comportamento hidrológico e erosivo de bacia montanhosa sob uso agrícola: estação experimental do rio Boa Vista, Nova Friburgo - RJ.** 1998. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LEOPOLDO, P.R.; CHAVES, J.G.; FRANKEN, W.K. Balanço hídrico: comparação entre solos nus e cobertura florestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA DO CONE SUL, 1., Santa Maria, 1992. **Anais...** Santa Maria, 1992. v. 2A. p.606-612.

LEOPOLDO, P.R.; FRANKEN, W.K.; VILLA NOVA, N.A. Real evapotranspiration and transpiration through a tropical rain forest in central Amazonia as estimated by the water balance method. **Forest Ecology and Management**, v.73, p. 185-195, 1995.

LIEBERMAN, J.A. e FLETCHER, P.W. Further studies of the balanced water cycle on experimental watersheds. **Transactions, American Geophysical Union**, Washington, v. 128, p. 421-424. 1947.

LIMA, H.C. e GUEDES-BRUNI, R.R. (Ed.). **Serra de Macaé de Cima: diversidade florística e conservação em Mata Atlântica.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1997. 346p.

LIMA, W.P. The hidrology of eucalipt forests in Austrália – A review. **IPEF**, v. 28, p. 11-27, 1984.

de MATOS, A.T.; da SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. Impactos decorrentes da construção de reservatórios para acumulação de água. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, n. 56/57, p. 60-66, 4º trimestre 2002/1º trimestre 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Guanabara). v.3. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Escritório de Meteorologia. 1969.

OKI, V.K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias.** 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade de São Paulo.

Programa Mata Atlântica. **Relatório final**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro/ IBAMA, Linhas de Ação em Botânica/ CNPq, Instituto Pró-Natura, The John D. & Catherine T. MacArthur Foundation, Shell Brasil S.A. 1990. 220p.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983. 775p. v. 32

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. v. 2. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. 374p.

STUDART, T.M.C. **Capítulo 7: Evaporação e evapotranspiração**: Hidrologia, 2003. Notas de Aula. CD-ROM.

TANIZAKI, K. e MOULTON, T.P. **A fragmentação da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e a perda de biodiversidade**. 2002. Disponível em: <<http://www.matlan.bio.br/capfrag.pdf>>. Acesso em: 28 agosto 2004.

THORNTON, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of climatology, 1955.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ED. Universidade/UFRGS; ABRH, 2000. 943p.

VALENTE, O.F. e CASTRO, P.S. A bacia hidrográfica e a produção de água. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 100, p. 53-56. 1983.

VELLOSO, H.P., RAGEL FILHO, A.L.R., LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

WUTCKE, A.C.P. Acidez. In: Moniz, A.C. (coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, EDUSP, 1972, p. 149–168.

ZAKIA, M.J.B. **O balanço hídrico levando-se em conta o sistema solo-planta-atmosfera de quatro tipos de coberturas vegetais na região de Grão Mogol, MG**. Piracicaba, 1987. 136p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

AXEXO 1: Valores mensais de precipitação, vazão, vazão específica, deflúvio e evapotranspiração obtida pelo balanço de massa para 2002. P: precipitação (mm); Q: vazão média (m³/s); Q_e: vazão específica (m³/s.km²); D: deflúvio médio (mm); ET: evapotranspiração (mm).

Meses	P	Q	Q_e	D	ET
Janeiro	295	0,126	0,0127	34,04	260,96
Fevereiro	292	0,089	0,0090	21,71	270,29
Março	128	0,114	0,0115	30,79	97,51
Abril	61	0,048	0,0048	12,55	48,45
Mai	80	0,062	0,0063	16,75	63,25
Junho	18	0,029	0,0029	7,58	10,42
Julho	46	0,023	0,0023	6,21	39,79
Agosto	59	0,025	0,0025	6,75	52,25
Setembro	129	0,096	0,0097	25,10	103,90
Outubro	59	0,030	0,0030	8,10	50,90
Novembro	163	0,101	0,0102	26,40	136,60
Dezembro	703	0,151	0,0153	40,79	662,21
Total	2033	0,89	0,0902	236,77	1796,53

ANEXO 2: Valores mensais de precipitação, vazão, vazão específica, deflúvio e evapotranspiração obtida pelo balanço de massa para 2003. P: precipitação (mm); Q: vazão média (m³/s); Q_e: vazão específica (m³/s.km²); D: deflúvio médio (mm); ET: evapotranspiração (mm).

Meses	P	Q	Q_e	D	ET
Janeiro	708,2	0,135	0,014	36,47	671,73
Fevereiro	100	0,074	0,007	18,05	81,95
Março	140	0,095	0,010	25,66	114,34
Abril	72	0,059	0,006	15,42	56,58
Mai	72	0,066	0,007	17,83	54,17
Junho	37	0,032	0,003	8,37	28,63
Julho	29	0,027	0,003	7,29	21,71
Agosto	105	0,044	0,004	11,89	93,11
Setembro	98	0,065	0,007	16,99	81,01
Outubro	159,5	0,094	0,009	25,39	134,11
Novembro	324	0,115	0,012	30,06	293,11
Dezembro	408	0,124	0,013	33,49	372,51
Total	2252,7	0,93	0,09	246,92	2005,78

ANEXO 3: Valores mensais de precipitação, vazão, vazão específica, deflúvio e evapotranspiração obtida pelo balanço de massa para 2004. P: precipitação (mm); Q: vazão média (m³/s); Q_e: vazão específica (m³/s.km²); D: deflúvio médio (mm); ET: evapotranspiração (mm).

Meses	P	Q	Q_e	D	ET
Janeiro	271	0,110	0,011	29,72	241,28
Fevereiro	352	0,108	0,011	27,33	324,67
Março	265	0,096	0,010	26,02	238,98
Abril	220	0,094	0,010	24,63	195,37
Mai	50	0,044	0,004	11,91	38,09
Junho	47	0,041	0,004	10,63	36,37
Julho	119	0,063	0,006	17,04	101,96
Agosto	54	0,030	0,003	8,10	45,90
Setembro	22	0,007	0,001	1,83	20,17
Outubro	215	0,093	0,009	25,12	189,88
Novembro	228	0,087	0,009	22,74	205,26
Dezembro	362	0,127	0,013	33,10	328,90
Total	2205	0,90	0,09	238,18	1966,82