

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

Funcionamento Hidrológico de Nascentes em Microbacias

Instáveis, Barra de Guaratiba - RJ

Erika Cortines

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**FUNCIONAMENTO HIDROLÓGICO DE NASCENTES
EM MICROBACIAS INSTÁVEIS, BARRA DE
GUARATIBA - RJ**

ERIKA CORTINES

*Sob a orientação do Professor
Ricardo Valcarcel*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

**Seropédica, RJ
Março de 2008**

UFRRJ / Biblioteca Central / Divisão de Processamentos Técnicos
Fixa Catalográfica

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

ERIKA CORTINES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/03/2008

Ricardo Valcarcel Prof. Dr. UFRuralRJ
(Orientador)

Soraya Alvarenga Botelho Prof.^a Dr.^a. UFLA

Antonio Paulo de Faria Prof. Dr. UFRJ

*A todos que acreditaram e investiram no meu sucesso,
dedico*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ingrid e Anacir pelo carinho, dedicação e esforço realizado para que eu chegasse até aqui. Ao meu irmão Vitor pelo apoio e pela família que formamos. Amo vocês.

Ao amigo e orientador Ricardo Valcarcel pela confiança, por não deixar a peteca cair, me trazendo para o foco nas horas certas, pelas orientações profissionais e para a vida, obrigado.

A todos meus parceiros de trabalho e amigos do Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas, pelos bons momentos e processos de aprendizagem que passamos juntos: Adriano, Rafael, Tienne, Luana, Júlia, Maíra, Monise, Piero, Wilson, Celso, Cristiane, Joana, Schweyka, Regilaine, Luciana.

A Flávia pelos anos de boa convivência onde estive sempre presente, pronta a ajudar e resolver nossos problemas. Você é demais, te adoro!

A João Paulo pelos momentos de carinho, confiança e cuidado que tivemos juntos.

A minha amiga Luana pelos momentos inesquecíveis que passamos e pela amizade incondicional. A amiga Ursula pela amizade e companheirismo de tanto tempo. A amiga Lucila pelos momentos divertidos, pelo seu alto astral contagiante e pela amizade.

Ao querido Hélio pela convivência pacífica e pelo grande coração que o torna esta pessoa maravilhosa.

A André *Roots* por cuidar de mim, me ajudando a superar as dificuldades e por me fazer sentir mais do que sou.

A todos os meus amigos da Rural que tornam Seropédica um lugar mais aprazível de se viver. Valeu galera!

Ao professor Marcio Francelino pelo auxílio com os dados de geoprocessamento.

Ao professor João Bahia e seu estagiário André pela demarcação da área da nascente, que contribuiu de forma substancial para o desenvolvimento do trabalho e análises.

A PCRJ pela disponibilização das ortofotos. Aos agentes do Posto de Saúde de Barra de Guaratiba, pelas informações cedidas, principalmente ao Juarez que sempre se interessou pelo trabalho e adiantou muito o meu lado.

Ao Sr. Manoel por me guiar em todas as nascentes e conhecer a área na palma de suas mãos. Obrigado também por cuidar do experimento no campo.

Ao meu “cãopanheiro” Iuri por estar sempre disposto a me amar a qualquer preço.

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, meus mais sinceros agradecimentos.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos no primeiro ano e CNPq/MMA fundo setorial CT-Hidro no segundo ano do curso.

RESUMO

CORTINES, Erika. **Funcionamento hidrológico de nascentes em microbacias instáveis, Barra de Guaratiba - RJ**. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

O levantamento e caracterização das fontes de abastecimento de água em Barra de Guaratiba, RJ, pode ser uma importante variável para o planejamento ambiental, uma vez que ela advem de 88 microbacias (0,02 e 38 ha) com características ambientais pouco propícias ao armazenamento de água nas encostas: declividade média de 60%, solos rasos das classes Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos. As encostas apresentam variação altitudinal entre zero e 345 m, predomínio de vegetação nos terços intermediários e superiores e usos urbanos no terço inferior (4.380 habitantes). A pluviosidade média anual (1.300 mm) é bem distribuída ao longo do ano, podendo ocorrer tormentas tropicais. Todas estas características conferem alto grau de instabilidade aos seus ecossistemas, onde a elevada velocidade da água gera diferentes processos erosivos: erosão laminar, sulcos, deslizamentos, solapamento e rolamento matacões, que podem se depositar nas drenagens, modificando as condições hidrológicas locais. A combinação destes fatores conferem baixa capacidade de administração de água nas encostas das microbacias, sendo um dos motivos que justificaram o reflorestamento de 96,3 ha em 1995 pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, englobando 69% da área de captação das nascentes. Foram registrados 28 afloramentos de água perenes, 11 localizados em seis microbacias, responsáveis pelo abastecimento exclusivo de 150 famílias. As nascentes foram classificadas em função dos seus processos hidrológicos responsáveis pela administração de água, em: *Calhas Entulhadas* - armazenamento no leito dos talwegues assoreados (24 unidades); *Encosta* - armazenamento por controles estruturais subterrâneos das encostas (3 unidades); e *Poços* - lençol freático profundo (1 unidade). Uma nascente *de encosta* foi estudada em maiores detalhes. Ela apresentou área de influencia direta (AID) de 300 m², vazão média de 5,00 l/h (período de estiagem) e de 7,36 l/h (período chuvoso), evidenciando que as condições micro-topográficas podem determinar sua perenidade em função de processos hidrológicos específicos. A variação espacial da umidade do solo na AID indica que há pontos de recarga saturados em diferentes locais e profundidades, onde a textura do solo explica parcialmente esta variação. A distribuição espacial da vegetação ripária espontânea ratificou os resultados de umidade. Nos trechos de maior umidade, o índice de diversidade de Shannon da regeneração foi de $H' = 4,75$ e houve uma distribuição igualitária das espécies, sendo o índice de equabilidade de Simpson de 0,96. A riqueza total encontrada para a regeneração foi de 91 espécies e a abundância de 458 indivíduos. A cobertura de copa variou pouco (de 79 a 81%) ao longo do ano, indicando uma constância na oferta de água. As camadas superficiais do solo (primeiros 15-20 cm) não são adensadas, otimizando a recarga da nascente. As camadas se adensam com o afastamento da nascente e aumento da argila, funcionando como áreas de reserva de umidade. As áreas próximas à nascente apresentaram solo arenoso e pouco adensado, facilitando a transmissão e recarga da nascente. Foram observados a formação de micro *pipes*, que podem também contribuir para o abastecimento de nascentes em microbacias instáveis.

Palavras Chave: recarga de aquíferos, hidrologia florestal; serviços ambientais.

ABSTRACT

CORTINES, Erika. **Hydrological functioning of springs on instable watersheds, Barra de Guaratiba - RJ.** 2008. 87 p. Dissertation (Master in Forest and Environmental Science). Forest Institute, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

The characterization and surveying of water supply from Barra de Guaratiba, RJ might be an important variable to environmental planning, as they come from 88 small watersheds (0,02 to 38 ha) with low capacity of water storage at the hillside with: medium declivity of 60% and shallow soils from the classes Cambissolo, Argissolo e Neosolo Litólico, with slopes varying its altitude from zero to 345 meters, with vegetation predominating at the medium and high portion of hill and the urban occupation at the bottom part (4.380 people). Annual rainfall (1.300 mm) is well distributed along year but it might occur tropical tempests. All these characteristics conferee high functional instability to ecosystems, where waters high velocity generates diverse erosive processes: sheet erosion, grooves, landslides, undermine process and displacement of rocks that can deposit at drainages, modifying local hydrological conditions. These combined factors conferee low administration capacity to the watersheds, being one of the reasons for reforestation of 96,3 ha by the Rio de Janeiro City County, enclosing 69% from springs water capiture areas. It was registered 28 water springs and 11 of them are located on six watersheds and are responsible for water supply to 150 families. Springs where classified by hydrological processes responsible for water adiministration on: *Calhas entulhadas* - water storage on river bed filled up with sediments (24 units); *Encosta* - storage by a slope subsoil structural controls (3 units); and *Poço* - deep water bed (1 unit). An “*encosta*” spring was studied in more details. It showed a Direct Influence Area (AID) of 300 m², medium outflow of 5,00 l/h (dry period) and 7,36 l/h (rainy period), showing that micro-topographic conditions can determinate its perennity in function of specific hydrological processes. Spatial variation of soil humidity at AID indicated that saturation of recharge points occur at different regions and depths, where soil texture explains partialy this variation. Distribution of the vegetal sponttaneous regeneration rectyfyed humidity results. On areas with high humidity levels Shannon index reached $H' = 4,75$ and species where distributed more equally with a Simpson index of 0,96. Total Richness for regeneration was 91 species and Abundance of 458 individuals. Canopy cover varied little (from 79 to 81%) along the year, indicating constacy on water offer. Superficial soil layers (first 15-20 cm) are not dense, optimazing springs recharge. Soil Layer get more dense away from spring and with clay improve, acting as humidity reserve areas. Areas near the spring have low density sandy soils, facilitating water transmission and spring recharge. We could observe the formation of micro pipes that might be contributing to springs water suply at the instable watersheds.

Key-words: Aquifers recharge, forest hydrology, environmental services.

ÍNDICE DE FIGURAS

01: Área de Barra de Guaratiba, RJ.....	3
02: Usos do solo na região de Barra de Guaratiba, RJ.	4
03: Matacões situados na parte alta do terço médio da encosta (270 m de altitude) em Barra de Guaratiba, RJ. Eles encontram-se sobre o solo, onde há diferentes processos erosivos, que podem descalça-los e promover seu movimento em direção a base da encosta (oculta pela ângulo da fotografia, mas próxima ao oceano).....	5
04: Guaratiba 1 e 2, etapas do reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ.	6

CAPÍTULO I - TIPIIFICAÇÃO DAS NASCENTES

01: Orientação das microbacias de acordo com a rosa dos ventos, representando o sentido principal do escoamento da água e o grau de exposição a luz solar.....	13
02: Representação das 88 microbacias, região edificada, 28 nascentes e suas áreas de captação em Barra de Guaratiba, RJ.....	18
03: Nascentes responsáveis pelo abastecimento da população de Barra de Guaratiba e suas respectivas áreas de captação à montante.....	19
04: Formas de abastecimento de água da população de Barra de Guaratiba, RJ, no ano de 2000.	20
05: Pedras acomodadas em uma drenagem de Barra de Guaratiba, gerando o entulhamento da calha.....	21
06: Áreas de acúmulo de água e sedimentos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.	22
07: Altitudes das nascentes nas encostas das microbacias de Barra de Guaratiba, RJ.....	25
08: Declividade das microbacias nas encostas de Barra de Guaratiba, RJ.....	27
09: Localização das nascentes em relação à orientação das encostas em Barra de Guaratiba, RJ.....	28

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE

01: Localização da nascente de encosta utilizada para o levantamento dos processos hidrológicos em uma microbacia instável de Barra de Guaratiba, RJ.....	34
02: Zoneamento das Áreas de Influência Direta e Indireta de nascentes.....	35
03: Levantamento das características ambientais da Área de Influência Direta de uma nascente de Encosta de Barra de Guaratiba, RJ.....	36
04: Amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 e 20-40 cm na linha B, evidenciando maior acúmulo de argila nas maiores profundidades, na AID da nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.....	37
05: Fotografia colorida e preto e branco usadas para avaliar a cobertura de copa na AID da nascente.	38
06: Determinação da curva chave da nascente de encosta de Barra de Guaratiba, RJ.....	38
07: Hidrograma de recarga da nascente de encosta em microbacias instáveis de Barra de Guaratiba, RJ.	40
08: Área com diferencial de umidade devido à fuga lateral, onde a vegetação higrófila se distribui.....	42
09: Índice de diversidade de Shannon para regeneração espontânea da AID da nascente, Barra de Guaratiba, RJ.	46

10: Índice de equabilidade de Simpson para a regeneração espontânea em seis parcelas amostrais alocadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ	46
11: Projeção horizontal do dossel (ano de 2007) na Área de Influência Direta da nascente, em Barra de Guaratiba, RJ.....	49
12: Umidade (%) de amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em três linhas de amostragem A, B e C, na AID de uma nascente pontual, Barra de Guaratiba, RJ. Os pontos sem dados para 20-40 cm apresentaram pedras a esta profundidade.....	51
13: Espacialização dos teores de umidade para as épocas de seca e chuva, em Barra de Guaratiba, RJ.	53
14: Espacialização dos teores de umidade nos meses de seca e chuva, para a AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ.....	55
15: Textura do solo das amostras coletadas na AID da nascente em Barra de Guaratiba, RJ. O ponto 1 representa o ponto mais próximo da nascente, sendo a numeração crescente em direção ao divisor topográfico da AID.	56
16: Primeira camada de solo da AID mostrando uma grande quantidade de raízes finas e terra solta, facilitando os processos de infiltração e abastecimento dos mananciais	58
17: Agregação da areia pela argila, configurando solos permeáveis porém com capacidade de armazenamento de água.....	59
18: <i>Pipes</i> existentes nas microbacias de Barra de Guaratiba, RJ: a) escavações da fauna; b) morte de raízes; c) movimentos subterrâneos da água de pequenos fluxos; e d) depressões do terreno por desestruturação dos grandes dutos de água.	60
19: Corte transversal representando microbacias instáveis, mostrando distribuição heterogênea das zonas de aeração (Z.A.), de saturação (Z.S.) e super saturação (Z.S.S.) com vegetação indicando os pontos de maior umidade, onde a zona de saturação atinge profundidade rasa, chegando próxima à superfície.	62
20: Corte transversal mostrando uma microbacia estável, onde a zona de aeração (Z.A.), saturação (Z.S.) e supersaturação (Z.S.S.) encontram-se homoganeamente distribuídas, levando à previsibilidade do comportamento do lençol freático.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

01: Espécies utilizada no reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ	7
--	---

CAPÍTULO I - TIPIFICAÇÃO DAS NASCENTES

01: Fatores morfométricos para as 88 microbacias instáveis da região de Barra de Guaratiba, RJ.....	15
02: Dados morfométricos e de vegetação das áreas de captação das nascentes de Barra de Guaratiba, RJ.....	24
04: Dados médios para as áreas de captação de cada tipo de nascente, Barra de Guaratiba, RJ	24

CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE

01: Lista das espécies da Área de Influência Direta de nascente, nas parcelas amostradas (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) em Barra de Guaratiba, RJ.	44
02: Porcentagem de cobertura da copa nos 24 pontos amostrados na AID da nascente nos meses de Abril e Dezembro de 2007, em Barra de Guaratiba, RJ. A porcentagem de luz representa os pixels brancos da foto e a de sombra a de pixels pretos.....	47
03: Parâmetros silviculturais das espécies plantadas na AID da nascente. Onde: P= caducifolia presente, A= caducifolia ausente; DAP= Diâmetro a Altura do Peito, DC= Diâmetro de Copa e BIF= Altura Primeira Bifurcação.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

01 : Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha A. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso e Farg= Franco Argiloso; PSI= Penetração sem impacto; *() = pedra profundidade.....	73
02: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha B. Onde: FAA= Franco Argilo Arenoso; FA= Franco Arenoso; F= Franco; ArgA= Argilo Arenoso e Farg= Franco Argiloso.....	74
03: Parâmetros edáficos e vegetacionais da AID da nascente referentes a Linha C. Onde FA= Franco Arenoso; FAA= Franco Argilo Arenoso; AA= Argilo arenoso; A= Areia e AF= Areia Franca. * (x) = pedra encontrada a profundidade x. Os valores na coluna PSI (Penetração Sem Impacto) representa a profundidade de penetração do cone do penetrômetro somente apoiando-o sobre a superfície do solo.....	76
04: Espécies indicadoras de umidade encontradas na área de influência direta de uma nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ. Onde: a) <i>Curcuma domestica</i> , b) <i>Tibouchinia</i> sp., c) <i>Commelina benghalensis</i> , d) <i>Tradescantia zanoniana</i> e e) <i>Calathea</i> sp.	77
05: Resistência a penetração de cada ponto amostrado, em três linhas de amostragem, dentro da AID de nascente de encosta em Barra de Guaratiba, RJ.	78

SIGLAS E ABREVIACÕES

AI - Área de Influência;
AID - Área de Influência Direta;
AII - Área de Influência Indireta;
BIF - Altura Primeira Bifurcação;
CEDAE - Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro;
cm - Centímetros;
D C- Diâmetro de Copa;
DAP- Diâmetro a Altura do Peito;
ha - Hectares;
l - Litros;
m - Metros;
m.s.n.m. - Metros Sobre Nível do Mar;
m³ - Metros Cúbicos;
MDE - Modelo Digital de Elevação;
PCRJ - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro;
PEPB - Parque Estadual da Pedra Branca;
PMR - Projeto Mutirão Reflorestamento;
PS - Peso Seco;
PU - Peso Úmido;
SMAC - Secretaria Municipal do Meio Ambiente;

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
ÁREA DE ESTUDO	2
CAPÍTULO I - TIPIFICAÇÃO DAS NASCENTES.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1 <i>Identificação das nascentes</i>	12
2.2 <i>Base Cartográfica</i>	12
2.3 <i>Usos das nascentes</i>	12
2.4 <i>Tipificação geo-ambiental</i>	12
2.5 <i>Fatores morfométricos</i>	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1 <i>Tipos de nascentes</i>	20
3.2 <i>Áreas de Captação das nascentes</i>	23
4 CONCLUSÕES.....	29
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DA NASCENTE.....	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1 <i>Meio Edáfico</i>	35
2.2 <i>Vegetação</i>	37
2.3 <i>Hidrologia</i>	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 <i>Hidrologia</i>	39
3.2 <i>Vegetação</i>	41
3.3 <i>Cobertura de Copa</i>	47
3.4 <i>Edáficos</i>	49
4 CONCLUSÕES.....	63
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	72

INTRODUÇÃO

Regiões que apresentam microbacias com alta declividade, solos rasos têm reduzida capacidade de armazenamento de água e pequena probabilidade de apresentarem nascentes, principalmente se as microbacias forem muito pequenas. Nestes casos os principais fluxos do balanço hídrico são os escoamentos superficial e subsuperficial, ocorrendo na superfície ou imediatamente abaixo do manto orgânico composto pela serrapilheira. Estes fluxos originam a formação de sulcos e, se eles ocorrerem próximo à base de pedras soltas, podem descalçá-las e promover seu rolamento encosta a baixo, gerando prejuízos aos moradores e entulhamento das calhas de drenagem.

A presença de nascentes perenes neste tipo de ambiente nos indica que existem regiões capazes de captar, armazenar e administrar água, onde os condicionantes ambientais estimulam a evasão da água destes ambientes. Por este motivo estas áreas são importantes de serem estudadas, uma vez que constituem regiões onde as funções hidrológicas operam de modo a gerar excedentes de água durante o ano. A compreensão dos processos hidrológicos envolvidos nestes ecossistemas pode permitir a determinação de condicionantes técnicos capazes de otimizar as atividades de manejo com objetivo de aumentar a qualidade e quantidade de água das bacias.

A legislação ambiental brasileira define nascente como sendo um ponto na superfície do terreno por onde aflora /escoa o lençol freático, proveniente dos fluxos subterrâneos (CASTRO & GOMES, 1999; CONAMA 004/85).

Geralmente as nascentes estão localizadas nas encostas, depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local (CALHEIROS et al., 2004). As mesmas podem ser classificadas, assim como os cursos d'água, em perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas) (FARIA, 1997; CALHEIROS et al., 2004; RODRIGUES, 2006; RODRIGUES & CARVALHO, 2006).

Faria (1997) estudou quatro microbacias de primeira ordem do Maciço da Tijuca e classificou *seis tipos* de nascentes: fixas, móveis, difusas, pseudonascentes e nascentes primárias e secundárias. As nascentes *fixas* são aquelas que não mudam de posição ao longo do ano. Este tipo de nascente é definido como nascentes pontuais (CASTRO & GOMES, 2001; CALHEIROS et al, 2004). As nascentes *móveis* foram descritas como sendo aquelas que se desenvolvem nos fundos de calhas, sendo controladas pela saturação do lençol freático, causada pelos seus movimentos oscilatórios, fazendo-a migrar para montante e jusante, dando uma grande dinâmica aos canais de primeira ordem, onde este tipo de nascente é comum. As nascentes *primárias e secundárias* foram as originadas por pipes que alimentam diretamente os fluxos das calhas em pontos diferenciados.

As nascentes *difusas* para Faria (1997) ocorrem em encostas íngremes, no contato de uma fina camada de regolito, com um canal raso constituído por base rochosa, provendo-o de água após a chuva, alimentando estes canais quase que igualmente ao longo de todo o percurso. Geralmente este tipo de nascentes gera canais efêmeros escoando água apenas nos momentos de chuva, ou canais intermitentes que escoam água por alguns dias após a chuva. As *pseudonascentes* foram descritas como aquelas geradas por um fluxo descontínuo nas calhas de drenagem (comuns em microbacias de primeira ordem), isto é, quando o fluxo desaparece em um ponto da calha e reaparecem à jusante, na forma de uma nascente.

Castro (2001) possui outra classificação para as nascentes difusas, e as consideram aquelas que não apresentam um ponto definido ocorrendo principalmente nas áreas de brejo,

baixadas, matas planas e voçorocas. Nestes locais o lençol freático se encontra tão próximo a superfície que gera vários pequenos pontos de afloramento formando as nascentes difusas.

No entanto, independente da classificação dada às nascentes, elas representam um excedente de água no sistema e uma fonte de manutenção e equilíbrio das funções ambientais dos ecossistemas, principalmente nas épocas de falta de chuva.

Segundo Calheiros et al. (2004) “além da quantidade de água produzida pela nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo... a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve absorver boa parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d’água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca”.

As nascentes perenes constituem evidências de serviços ambientais produzidos por ecossistemas que apresentam funcionamento harmonioso entre os seus recursos e usos, pois a energia e a água atuam em todas as fases dos processos de construção e destruição dos ecossistemas. O manejo dos recursos hídricos é indispensável ao bom funcionamento hidrológico do ecossistema (GOTTFRIED, 1992).

Os componentes biológicos e suas relações intra/inter-específicas agem para fortalecer relações funcionais dos ecossistemas. Havendo equilíbrio entre entrada e saída de energia/água do ecossistema, haverá aumento da resiliência, qualidade ambiental e biodiversidade na região (ODUM, 1998; DOBSON et al., 1997; SER, 2002; CAMARGO *et al.*, 2002; BROWN e LUGO, 1994).

Nas microbacias instáveis, os ecossistemas apresentam solos rasos, encostas com altas declividades, processos de erosão laminar, deslizamentos, rolamento de matacões, tanto para as partes mais baixas da catena, como para dentro do talvegue, entulhando, remodelando as calhas e interferindo na perenidade dos cursos d’água. Nestes ambientes, os fluxos hídricos provedores de recarga do lençol freático dependem de condições específicas dos controles estruturais do terreno, podendo também ser agentes degradantes da paisagem.

O ecossistema estudado apresenta grande fragilidade ambiental, pois num passado recente as microbacias foram submetidas a sucessivos usos impróprios, comprometendo de forma lenta e gradual a composição da biota local e a oferta de seus serviços ambientais.

O presente estudo objetivou levantar e caracterizar os tipos de nascentes existentes na região (Capítulo I), e estudar os seus processos hidrológicos (Capítulo II) de modo a subsidiar a gestão dos recursos hídricos baseado na vazão ecológica das nascentes e administração dos serviços ambientais da vegetação.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, Distrito de Barra de Guaratiba (Figura 1), nas coordenadas 23° 04' 5.00" Sul e 43° 33' 29,03" Oeste, no domínio ecológico da Mata Atlântica, e pertence ao Parque Estadual da Pedra Branca (cota superior a 300 m.s.n.m., segundo Lei 1.200 de 28/03/1998).

O núcleo urbano de Guaratiba foi fundado em 5 de Março de 1579 pelo português Manoel Veloso Espinha, que conjugou os vocábulos da língua Tupi, “guará” (ave pernalta) e “tiba” (muita quantidade). A região teve os seguintes usos predominantes: cultivo do café, cana-de-açúcar – onde foram estabelecidas fazendas e construídos engenhos, dando nome às vilas e localidades de Pedra, Ilha e Barra de Guaratiba – e pecuário alternado com cultivo de

subsistência (MARQUES et al., 2004). Foram registrados o estabelecimento de ciclos econômicos sazonais, seguidos de abandono, onde a mata se recuperava espontaneamente.

O último desmatamento foi na década de 1950 – 1960, para cultivo de batata e banana - com vestígios remanescentes. O sistema de produção envolveu baixo uso de tecnologia, típico das atividades de subsistência de regiões tropicais, contribuindo para a estagnação econômica da agricultura, além de estabelecer o início dos processos erosivos, constituindo um passivo ambiental (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1998) com diversas implicações para a sociedade.

A beleza natural e proximidade da cidade do Rio de Janeiro facilitou atividades de especulação imobiliária, principalmente nos terços inferiores e médios das encostas das microbacias (MARQUES et al., 2004), onde predominam construções de baixo padrão construtivo, pois existem problemas de titularidade da terra.



Figura 01: Área de estudo em Barra de Guaratiba, RJ.

As pessoas que residem no terço superior das encostas usam água exclusivamente das nascentes, enquanto que a comunidade dos terços médio e inferiores tem abastecimento irregular da Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro – CEDAE, por ser área terminal de linha de abastecimento e se encontrar em zona alta. Nestes casos o abastecimento é

complementado pelas nascentes, atingindo um total de 4.380 habitantes e 1.253 domicílios (PCRJ/SMAC, 1999).

Em Barra de Guaratiba as encostas fazem parte de um cabo que adentra no mar em aproximadamente 1.300 m, onde sua constituição é predominantemente rochosa. A área de estudo encontra-se na parte mais próxima ao mar, envolvendo 88 microbacias em 140 ha.

A região está inserida na Mata Atlântica e apresenta espécies decíduas nos locais cujos solos são rasos e vegetação perenifolia onde os solos são profundos. Estes ambientes foram modificados pelos ciclos econômicos no passado, debilitando os ecossistemas, de modo que permitiu o estabelecimento dominante do capim colônia (*Panicum maximum* L.) e pequenos fragmentos florestais remanescentes, localizados nas regiões mais úmidas constituindo núcleos de resiliência (PCRJ/SMAC,1999). Atualmente, a cobertura florestal predominante foi plantada pelo Programa Mutirão Reflorestamento (PMR) da Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro – PCRJ (Figura 02).

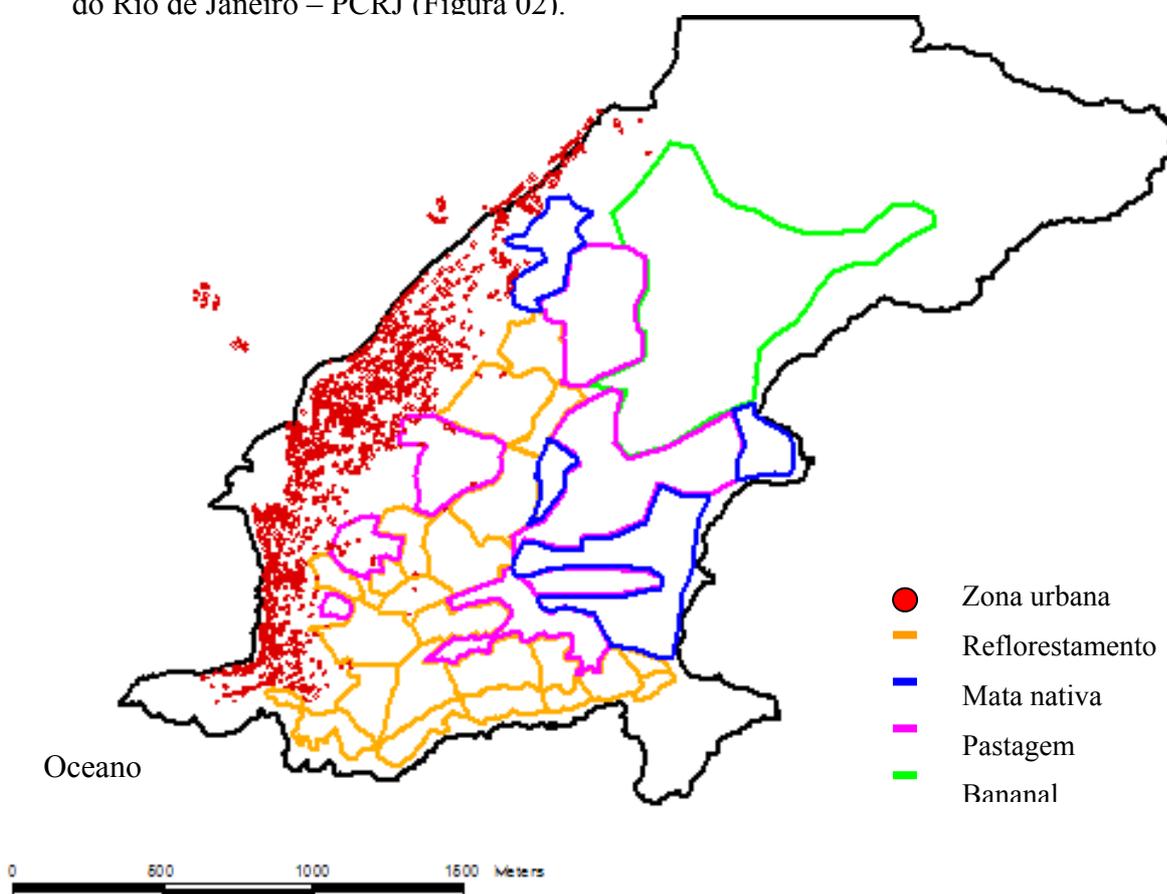


Figura 02: Usos do solo na região de Barra de Guaratiba, RJ.

O clima Tropical “Aw”, segundo Köppen, apresenta verão chuvoso e inverno seco, com precipitações médias de 1500 mm/ano distribuídas de Outubro a Maio. A temperatura máxima média anual corresponde ao mês de Fevereiro (25,7°C) e a mínima média anual corresponde ao mês de Julho (19,6°C) (FIDERJ, 1978).

Os solos rasos (profundidade inferior a 1 metro) pertencem às classes Argissolos e Cambissolos e Neossolos litólicos apresentam textura média argilosa. A declividade é fortemente ondulada (PALMIERI, 1980).

Os afloramentos rochosos são freqüentes na região e se associam a blocos soltos na superfície, dispostos nas partes íngremes (Figura 03) e talvegue, podendo estar encaixados ou soltos, totalmente expostos ou coberto por sedimentos de processos erosivos pretéritos. A situação destes matacões confere riscos adicionais, pois se descalçados, podem rolar para as zonas residências na base da encosta, agravando a complexidade dos problemas ambientais.



Figura 03: Matacões situados na parte alta da encosta (270 m de altitude) em Barra de Guaratiba, RJ. Eles encontram-se sobre o solo, onde há diferentes processos erosivos, que podem descalçá-los e promover seu movimento em direção à base da encosta (oculta pela ângulo da fotografia, mas próxima ao oceano).

O PMR, é uma iniciativa da PCRJ, coordenada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SMAC e atua através de reflorestamentos com espécies nativas e/ou com função de espécies pioneiras nas encostas da cidade do Rio de Janeiro, perseguindo diferentes objetivos, entre eles a estabilização das encostas, contenção do crescimento urbano e recobrimento florestal.

Em Barra de Guaratiba o reflorestamento de 96,3 ha iniciou no terço superior das encostas, fato este que corresponde a 69% da área onde estão situadas as 88 microbacias estudadas. Os plantios foram iniciados em 1995 e efetuados em duas etapas: Guaratiba 1 (56,8 ha), situado na encosta voltada para a comunidade (Noroeste) onde os objetivos prioritários estavam ligados a estabilização das encostas; e Guaratiba 2 (39,5 ha), vertente oposta, não habitada, mas que precisava ser inserida dentro do contexto ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca – PEPB (Figura 04). Atualmente não se promovem atividades de manutenção na fase 1 e as árvores encontram-se desenvolvidas, com indivíduos adultos. Na fase 2 as árvores apresentam altura entre 3-4 metros e ainda se promovem tratamentos culturais: coroamento das mudas, aceiro, roçada e poda.

O PMR também tem uma componente social, onde o planejamento participativo implica na organização da sociedade local, desenvolvimento de espírito solidários com foco nas ações ambientais e oferta de trabalho às comunidades carentes (PCRJ, 1999). Todas estas atividades confluem para o aumento da oferta de serviços ambientais das florestas, como: perenização das nascentes, controle de enchentes, desassoreamento das redes de drenagens de

águas pluviais, esgotamento sanitário, estabilização de terrenos, redução dos riscos de deslizamentos e rolamento de matacões, melhoria do aspecto da paisagem, amenização térmica tanto nas encostas (diretamente) como nas várzeas da cidade do Rio de Janeiro.

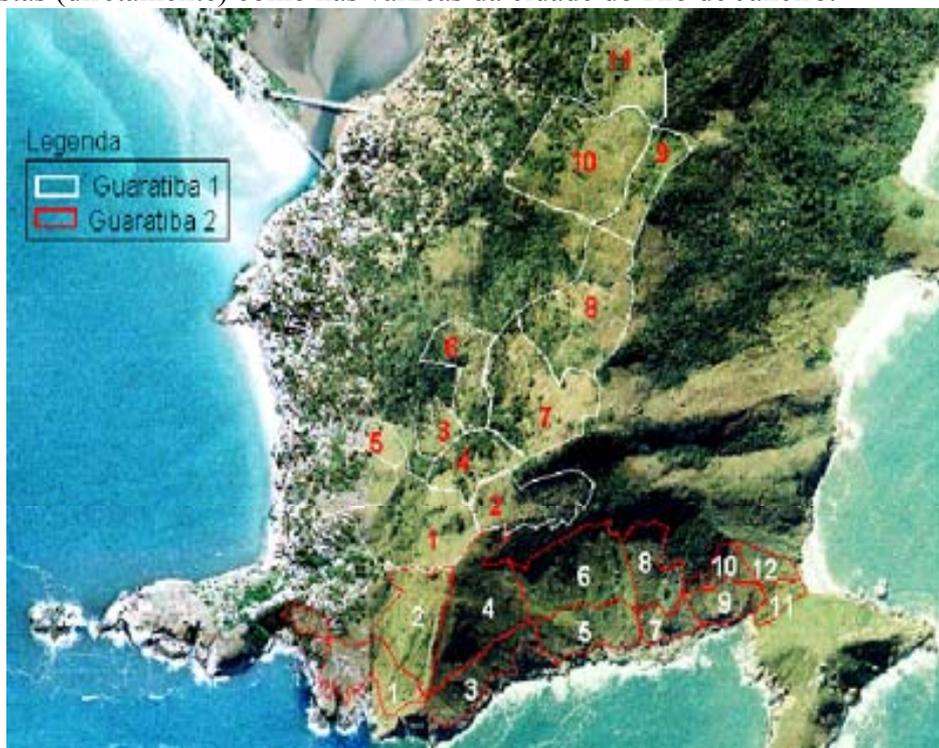


Figura 04: Guaratiba 1 e 2, etapas do reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ.

O plantio de espécies decíduas, de crescimento lento e baixa capacidade de transpiração, foram priorizada nos terrenos acidentados, cujos solos rasos dificultam o armazenamento de água e elas tem melhores condições de adaptação aos períodos de estiagens (PCRJ, 1999). Deste modo, se objetiva a construção de ecossistemas a partir do reflorestamento com espécies rústicas, adaptadas a condições de baixa oferta de atributos ambientais, garantindo-se oferta de propriedades emergentes para entrada de espécies mais exigentes e consolidação dos processos de sucessão vegetal.

As mudas foram plantadas com espaçamento de 2,0 metros entre linhas de mesma curva de nível e entre plantas, no sentido do escoamento, sendo este espaçamento reduzido em áreas declivosas e com risco de deslizamento.

A proporção de espécies utilizadas envolveu 10% do grupo 1 (leguminosas de rápido crescimento, nativas ou exóticas), 65% do grupo 2 (espécies nativas pioneiras), 15% do grupo 3 (espécies nativas não pioneiras) e 10% do grupo 4 (frutíferas utilizadas para o consumo de espécies animais, humana, nativas ou exóticas) (Tabela 01).

As espécies frutíferas têm o intuito de atrair a fauna induzindo processo continuado de recuperação (REIS, 2003; SILVA, 2003). O baixo número de espécies anemocóricas em florestas neotropicais, sugere que programas de reflorestamento que procuram estimular a atividade de animais podem ser produtivos, especialmente em áreas amplas e distantes da floresta (MIRITI, 1998).

Tabela 01: Espécies utilizada no reflorestamento do PMR em Barra de Guaratiba, RJ

<i>Nome científico</i>	<i>Nome vulgar</i>
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau jacaré
<i>Enterolobium contortisilliquum</i>	Orelha de negro
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá
<i>Cassia grandis</i>	Cássia rosa
<i>Bauhinia forficata</i>	Unha de vaca
<i>Psidium spp.</i>	Goiaba, araçá
<i>Hura crepitans</i>	Assacu
<i>Cecropia sp.</i>	Embaúba
<i>Spondias spp.</i>	Cajá-Mirim, Cajá Manga
<i>Erithrina sp.</i>	Mulungu
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira
<i>Machaerium aculeatum</i>	Borrachudo
<i>Tabebuia spp.</i>	Ipês
<i>Pithecelobium tortum</i>	Jurema
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Araribá
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá
<i>Cedrella sp.</i>	Cedro
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo
<i>Zanthoxylum sp.</i>	Mamica de Porca
<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá
<i>Sapindus saponaria</i>	Saboneteira

Fonte: SANTOS (1995)

As operações silviculturais empregadas foram descritas pelo Manual de Normatização de Reflorestamento do Projeto Mutirão Reflorestamento (PCRJ/SMAC/CRA, 2000). Elas foram desenvolvidas nas fases de implantação:

- **Aceiramento** roçada, capina e enleiramento do capim da área de aceiro.
Aceiro externo tem largura de 6 metros, sendo iniciada roçada, para parte externa em largura de 3 a 5 metros.
O aceiro interno teve largura de 4 metros.
O aceiro protege o fragmento florestal existente e/ou reflorestamento contra fogo no capim colônia.
- **Roçada:** Corte de gramíneas com altura igual ou superior a 10 cm.
- **Marcação de covas:** Feita sobre curvas de nível, também sendo utilizada para marcar faixas de capina.
- **Capina em faixa:** Retirada do capim com enxada ou enxadão, seguindo faixas na curvas de nível.

CAPÍTULO I - TIPIFICAÇÃO DAS NASCENTES

Resumo

CAPÍTULO I – Tipificação das nascentes

Este capítulo buscou identificar e caracterizar as fontes de abastecimento de água da população de Barra de Guaratiba, RJ (4.380 habitantes), residentes nos terços inferiores e médios das encostas das 88 microbacias. Cerca de 10 % desta população utiliza exclusivamente água de nascentes e depende das ações de manejo feitas no terço superior da encosta. Foram encontradas que 11 microbacias, apresentam 28 nascentes perenes, das quais apenas 11 situadas em 6 microbacias abastecem 150 famílias. Estas microbacias ocupam 18,5 ha e apresentam regime hídrico especial, uma vez que a declividade mais suave encontra-se na faixa de 31-45%, totalizando apenas 15% da área. O restante da área possui declividades ainda maiores. O tamanho das microbacias é reduzido, onde 89% são menores que 4,7 ha. O comprimento da rampa, onde ocorrem os processos hidrológicos, também é reduzido, sendo que 63% se encontra na categoria menor que 125m. A orientação evidencia que 70% das microbacias estão nas encostas voltadas para o Sul (Sul - 41%, Sudeste – 19% e Sudoeste - 10%). Todos estes parâmetros morfométricos das microbacias conferem baixa capacidade de retenção de água nas encostas, fato este que explica o alto grau de instabilidade das bacias: altas declividades, solos rasos, grande quantidade de matacões soltos, afloramentos rochosos e cicatrizes diversas de processos erosivos - entulhamento das drenagens, seixos/blocos rolados distribuídos ao longo das encostas e drenagens. Apesar desta situação ambiental pouco favorável à manutenção de uma nascente perene, existem processos hidrológicos específicos que permitem a formação de três tipos de nascente, que foram classificadas em: a) *calha entulhada*; b) *encosta*; e c) *poço*. Do total de 28 nascentes perenes encontradas, 24 constituem o tipo calha entulhada, três de encosta e uma de poço. Considerando a área de captação de cada tipo, as médias para nascentes de encosta foram consideravelmente menores (0,1 ha) do que as de calha entulhada (2,27 ha). A declividade da área de captação teve um importante papel na formação das nascentes e na determinação presença de controles estruturais, tanto dentro das calhas com nas encostas. Conclui-se que em microbacias instáveis, as áreas responsáveis pela armazenagem de água são pequenas e geram serviços ambientais importantes, como fornecimento perene de água.

Palavras chave: Processos hidrológicos, Recarga, Serviços ambientais.

Abstract

CHAPTER I – Spring typification

This chapter aimed to identify and characterize the water supply founts from Barra de Guaratiba, RJ, where 4.380 inhabitants live at the bottom and medium part of the hillside from 88 small catchments. About 10 % of population utilises water from spring and depend on management done on the higher third of slope. We found that 11 small catchments have 28 perenial springs, were 11 of then situated on 6 watersheds gives water supply for 150 families. These watersheds occupy 18,5 ha and have special hydrological regime, as the smallest declivity class is between 31-45%, totalizing 15 % of total area. The rest of the area has even higher declivities. Watersheds sizes are small, where 89% are smaller than 4,7 ha. The slope length, where hydrological process occurs, is also reduced as 63% of watersheds are in category lower than 125 m. Slope orientation shows that 70% of watersheds are at slopes faced to South (South 41%, Southeast 19% and Southwest 10%). All these morphometric parameters indicates low capacity of water storage from the slopes, explaining the high instability of the hillsides: high declivities, shallow soils, loosen rocks, emergent stones, and evidences from erosive process as- drainages filled up with stone blocks and small rocks, rolled and distributed along drainage channels and slope. Even with a non proper environmental situation for mantainance of a perenial spring, there are specific hidrological processes wich allows formation of 3 kinds of springs, classyfyed as: a) *calha entulhada*; b) *encosta*; e c) *poço*. From total 28 springs, 24 are from *calha entulhada*, 3 from *encosta*, and one from *poço*. Considering water capitation areas from each type, mean area for *encosta* springs were smaller (0,1 ha) than from *calha entulhada* (2,27 ha). Declivity had an important role on springs formation and on determination of structural controls, inside drainage channels nor out of them. We conclude that on instable watersheds, areas responsible for water storage are small and generate important environmental services as a perenial water supply.

Key-words: Hydrological process, recharge, environmental services.

1. Introdução

Por nascente entende-se o local onde a água emerge do subsolo (LIMA-e-SILVA, 2002). A Resolução CONAMA de nº 004, de 18 de setembro de 1985, define nascente como sendo o “local onde se verifica o aparecimento da água pelo afloramento do lençol freático”. Estas definições são simples e práticas, mas não deixam de ser reducionistas, uma vez que nascentes não são apenas “olhos-d’água”, e sim uma parte do sistema hidrológico que capta, armazena, conduz e permite o afloramento da água em um dado local, cujas características ambientais são determinantes para definir os seus regimes hídricos. Influem sobre este sistema hidrológico as variáveis que determinam a **entrada** de água no sistema, as que permitem a **infiltração** da água no solo: componente biótico; e as que interferem no armazenamento, condução, e **afloramento** da água como: características dos solos, rochas, relevo e ambientes adjacentes – montante e jusante (SANTANA, 2003).

As águas pluviais ao chegarem ao solo podem percorrer dois caminhos até atingirem os canais fluviais, sendo um lento, que se inicia pela infiltração e outro rápido, que prioriza o fluxo do escoamento superficial. A infiltração depende de características dos solos como: cobertura vegetal com restos orgânicos na superfície, com altos teores de matéria orgânica, boa estruturação e atividade biogênica (PRIMAVESI, 1982). A água que infiltra, reabastece a zona radicular favorecendo o crescimento das plantas, que por sua vez, melhoram a infiltração (ANTUNES, 1992; MOLINARI, 2005). O excesso de água não retido na zona radicular drena para as camadas profundas do solo, reabastecendo o lençol freático (KARMAN, 2001; SANTANA, 2003) e contribuindo para a perenidade das nascentes.

O escoamento superficial ocorre quando o solo encontra-se saturado com seu meio poroso totalmente preenchido de água, ou em condições onde a água não infiltra por causa da sua condição de permeabilidade (LIMA, 1986; KARMAN, 2001; SILVA et al., 2003). Quando o escoamento superficial predomina nas encostas, a água chega rapidamente nos canais, influenciadas pelos efeitos da declividade, impermeabilização do solo e característica das chuvas, constituindo diferencial no tempo de concentração das microbacias, isto é, no tempo que a água escoada leva para atingir os canais de drenagem e sair da bacia. Estas situações geralmente ocorrem em solo desprovido de cobertura vegetal, como os que sofrem queimadas, ou têm superfície desnuda, favorecendo os processos erosivos e a ocorrência de desmoronamentos (SUGUIO et al., 1979; SANTANA, 2003; MOLINARI, 2005).

Nas microbacias com baixa capacidade de armazenamento de água, as nascentes ocorrem em condições geo-ambientais específicas que permitem o confinamento parcial do lençol freático, onde os controles estruturais, que são estruturas que reduzem a velocidade de passagem da água sub-superficialmente, dificultando o movimento lateral dos aquíferos, induzem o afloramento do lençol freático na superfície.

A quantidade e qualidade da água das nascentes são influenciadas pelo clima, declividade, topografia, geologia, cobertura vegetal, tipo de uso do solo e da terra das áreas de recarga (VAZHEMIN, 1972; LIMA, 1986; PEREIRA, 1997; PINTO et al., 2004).

A identificação das nascentes é o primeiro passo para entender o seu funcionamento hidrológico em microbacias instáveis, sendo necessário também a caracterização da morfometria das bacias e das suas áreas de captação, para melhor entender seus processos de formação e manutenção da perenidade nas épocas de seca. Este capítulo objetivou tipificar as nascentes em função das características morfométricas das microbacias e das áreas de captação das nascentes.

2. Materiais e Métodos

2.1 Identificação das nascentes

Foram consideradas nascentes todos os pontos onde havia afloramento perene de água, podendo ou não ser utilizado para abastecimento doméstico. Foram utilizados como informações básicas as consultas ao Posto Médico local, dos funcionários do PMR da PCRJ e residentes antigos na área, que conhecem todas as informações da região. Os pontos sinalizados como nascentes foram georeferenciados sobre base cartográfica (escala 1:10.000) com gps Garmim Explorer 100 e monitorados mensalmente durante os anos de 2005 e 2006.

2.2 Base Cartográfica

As microbacias foram espacializadas sobre base cartográfica digitalizada, a partir das folhas: SF-23-Z-C-III-2-NE-D-III-1; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-III-4; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-IV-3; SF-23-Z-C-III-2-NE-D-IV-4 (FUNDREM, 1975).

Foi utilizado orto-fotografias coloridas dos anos 1999 e 2004 para identificar tipos de usos características das paisagens. Estas informações foram georeferenciadas e repassadas para base cartográfica digital 1:10.000.

2.3 Usos das nascentes

Os dados sobre uso das nascentes foram levantados junto ao Posto de Saúde da PCRJ que possui registros obtidos a partir das entrevistas periódicas dos Agentes de Saúde, onde se observa infra-estrutura utilizada para captação e armazenamento de água das famílias, como parte do programa de erradicação de doenças transmitidas por vetor hídrico. Foram obtidos: a) quantidade de casas abastecidas por distribuição da CEDAE, poços e nascentes; b) principais pontos de captação e destino da água coletada; c) perenidade das nascentes.

Estas informações constituíram base para os trabalhos de levantamento de campo, onde todas as nascentes foram visitadas com os técnicos da PCRJ e depois de forma individualizada, para atualização das informações.

2.4 Tipificação geo-ambiental

As nascentes foram avaliadas de forma pontual onde se observou a sua perenidade e de forma espacial, onde se trabalhou na área de influencia de sua captação, considerando como abstração teórica que os divisores topográficos variam de forma similar com os divisores hidrogeológicos.

As zonas de captação das nascentes foram obtidas a partir da combinação dos estudos de campo e do georeferenciamento das informações cartográficas, se delimitou as áreas de captação de cada nascente e sua localização dentro das microbacias.

As áreas de captação das nascentes foram avaliadas em função dos fatores morfométricos das microbacias, conforme descrito na literatura (HEWLETT & NUTTER, 1969; GREGORY & WALLING, 1985; VALCARCEL, 1997; WIEDMANN & DORNELLES, 1999; PINTO, et al., 2004). Os parâmetros utilizados na caracterização da área foram processados nos formatos vetorial e matricial e calculados pelo software Arc View 3.2a.

O agrupamento destas variáveis permitiu descrever os processos hidrológicos típicos que garantem a perenidade destas nascentes e formular as bases teóricas para estabelecer os tipos de nascentes, envolvendo não só a questão da nascente como zona de afloramento de água, como principalmente, utilizando as informações dos processos hidrológicos envolvidos que garantem a sua perenidade.

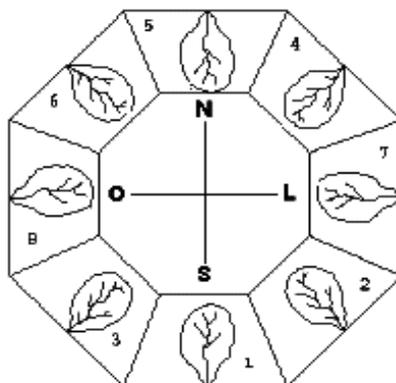
2.5 Fatores morfométricos

a) Área

A área total das microbacias, captação das nascentes, foi calculada utilizando-se o script “Calculate area”.

b) Orientação

Representa a direção prioritária (Figura 01) que a água toma para evadir-se da microbacia, onde a exposição à radiação solar (intensidade, duração e frequência de insolação) podem estabelecer níveis diferenciados de perda de água por evaporação e transpiração, influenciando a produção hídrica do manancial. Ela foi obtida a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, utilizando o comando “Derive Aspect” com células de 0,5 m.



Fonte: Marques et al., 2004.

Figura 01: Orientação das microbacias de acordo com a rosa dos ventos, representando o sentido principal do escoamento da água e o grau de exposição a luz solar.

c) Declividade

Foi estabelecida a partir do MDE com o comando “Derive Slope”. O tamanho das células foi de 0,5m e as classes de declividade foram obtidas através da função “Classify” do editor de legendas, sendo estas: plano (0 - 10%), suavemente ondulado (10,1 - 30%), ondulado (30,1 - 50%), fortemente ondulado (50,1 - 70%), montanhoso (70.1 - 90%) e escarpado (> 90%).

d) Altitude

Foi estabelecida pelo MDE a partir da função “classify” do editor de legendas, determinando-se cinco classes de altitude, em metros: 0 - 70, 70,1 - 140, 140,1 - 210, 210,1 - 280 e 280,1 - 350.

e) Comprimento de rampa

Por rampa entende-se o trecho hidrológico da vertente por onde a água drenará. O comprimento de rampa determina o tamanho do percurso que a água terá para infiltrar quando as condições de vegetação são propícias, ou para escoar superficialmente nos solos descobertos, podendo exercer efeito contrário nas duas situações. Este trecho foi medido para as microbacias, do exutório ao ponto mais alto do divisor topográfico e para as áreas de

captação, do olho d'água até a parte mais alta da área de captação, sendo estas distâncias o comprimento de rampa expresso em metros.

3. Resultados e Discussão

As características morfométricas das microbacias evidenciam diversidade de tamanhos, propensão à formação de enxurradas pela forma predominante e altíssima declividade média. A altitude média é variável e indica que todos os trechos das encostas encontram-se devidamente estruturados na forma de bacias hidrográficas (Tabela 01). A altitude média observada (0-42 m) foi encontrada em 66% das microbacias. Apenas 12 % das microbacias possuem altitudes médias entre 127-175 m, sendo estas responsáveis por abrigar a maioria das nascentes.

Como existem 28 nascentes perenes na região, fica evidente que os fatores indutores de armazenamento e regulação hídrica não se devem exclusivamente às características morfométricas da bacias, como ocorrem nas microbacias com grande áreas e funções uniformes. Nestes casos a administração dos recursos hídricos se verifica em setores com características peculiares, conferindo um certo grau de instabilidade nos processos hidrológicos.

As áreas das microbacias variaram de 0,02 a 38 ha, porém 89% das microbacias possuem áreas menores que 4,7 ha. Estas microbacias não apresentaram nascentes. Elas se encontram na base das encostas, em costão rochoso, coberto por solo raso, apresentam formato filiforme e declividades altas, dificultando a permanência da água em suas encostas e tornando suas drenagens efêmeras, com água apenas após os momentos de chuva.

As microbacias maiores que 9,5 ha representaram 4 % do total e todas as nascentes foram encontradas nestas áreas, indicando que o tamanho da área é uma variável importante, principalmente por abrigar diferentes condições ambientais que afetam a captação, armazenamento e liberação dos excedentes dos recursos hídricos.

Analisando as condições de declividade das microbacias, observa-se que não há situações favoráveis a manutenção de água na região, pois apenas 15% das microbacias representam as menores classes de declividade (31-45%), que se trata de declividade elevada e sem garantia de armazenamento de água. Os 85% remanescentes das microbacias apresentam declividades ainda maiores, aumentando a velocidade de escoamento e evasão da água das encostas e demais trechos da bacia.

O Fator orientação das encostas evidenciou que 70 % das microbacias tem influências da vertente Sul (41% Sul, 19% Sudeste e 10% Sudoeste). Nas regiões costeiras, a orientação que recebe os ventos úmidos (Sudoeste) apresentam mais resiliência (BARBOZA, 2007). Marques et al., (2004) encontraram que o fator orientação apresenta maior peso na explicação da ocorrência de fragmentos florestais na região de Barra de Guaratiba. O melhor desenvolvimento de fragmentos florestais nesta vertente indica um ambiente mais resiliente, capaz de ter mais recarga, manter uma vegetação complexa e propiciar abastecimento dos aquíferos, principalmente se associar os efeitos hidrológicos da interceptação vertical, onde as massas ar úmidos são mais densas. Este efeito pode constituir um diferencial de aproximadamente 25% a mais que a precipitação convencional (BARBOZA, 2007).

Tabela 01: Fatores morfométricos das 88 microbacias da região de Barra de Guaratiba, RJ.

Bacias	Área	Fator de Forma	Dec.	Alt.	Exp. Solar	Dir. vento	Comp. Rampa
Nº	m ²		%	m		Â	m
1	383.181	0,38	035	172,5	Noroeste	250	1000
2	5.686	0,39	042	25,5	Norte	315	120
3	2.469	0,29	048	22,5	Noroeste	260	093
4	18.466	0,27	033	43,0	Oeste	245	261
5	4.087	0,21	043	70,0	Noroeste	245	139
6	2575	0,31	041	18,5	Sudoeste	240	091
7	4.629	0,26	040	26,5	Sudoeste	225	134
8	80.659	0,24	033	95,0	Sudoeste	230	577
9	4.016	0,20	039	27,5	Oeste	230	140
10*	163.404	0,20	038	172,5	Oeste	225	901
11	3.109	0,14	037	27,5	Oeste	235	147
12	45.367	0,31	046	87,5	Oeste	225	383
13	8.163	0,26	054	47,5	Noroeste	220	177
14	111.598	0,22	038	132,5	Noroeste	245	706
15	3014	0,45	073	41,0	Noroeste	270	082
16	3.082	0,40	068	30,0	Noroeste	270	088
17	4.147	0,25	054	35,0	Norte	310	129
18	3.331	0,23	058	35,0	Norte	310	120
19	5.794	0,59	058	28,5	Norte	310	099
20	2.623	0,27	054	26,5	Noroeste	270	099
21	2.450	0,22	049	25,5	Noroeste	260	105
22	1.507	0,22	048	20,0	Noroeste	260	083
23	1.450	0,24	047	18,5	Oeste	230	078
24	787	0,29	060	15,5	Sudoeste	195	052
25	1.256	0,30	069	22,5	Sul	165	065
26	2.614	0,26	054	27,5	Sul	160	101
27	2.649	0,23	051	27,5	Sul	160	107
28	1.204	0,26	081	27,5	Sudeste	125	068
29	2.178	0,44	079	27,5	Sul	160	070
30	6.230	0,34	051	35,0	Sudoeste	160	136
31	1.324	0,20	070	28,5	Sul	165	082
32	520	0,27	091	20,0	Sul	135	044
33	2.011	0,23	075	35,0	Sul	135	093
34	979	0,17	092	20,0	Sudeste	085	076
35	395	0,26	103	20,0	Sul	085	039
36	2.686	0,29	073	35,0	Sul	085	096
37	3.013	0,33	078	37,5	Sudeste	155	096
38	4.101	0,47	070	32,5	Sudeste	165	093
39	4.267	0,31	060	35,0	Sudeste	165	117
40	4.216	0,29	067	40,0	Sul	165	120
41	5.564	0,17	050	45,0	Sudoeste	180	179
42	3.602	0,29	066	36,5	Sudoeste	170	111
43	2.488	0,21	055	30,0	Oeste	170	110

Continua...

Continuação...

44	535	0,18	074	20,0	Oeste	200	054
45	691	0,21	065	18,5	Oeste	200	057
46	3.050	0,25	056	31,0	Sul	130	111
47	1.867	0,20	052	25,0	Sul	125	097
48	70.378	0,43	054	110,0	Sul	170	405
49	291	0,16	060	13,0	Sudoeste	180	043
50	15.493	0,27	071	85,0	Oeste	180	240
51	274	0,25	076	12,5	Oeste	210	033
52	848	0,62	062	18,5	Oeste	190	037
53	1.204	0,29	070	22,5	Sul	135	064
54	566	0,23	116	29,0	Sul	115	050
55	1.028	0,30	105	31,0	Sul	155	059
56	879	0,24	117	35,0	Sul	135	060
57	1.255	0,21	103	40,0	Sul	155	078
58	2.364	0,27	091	42,5	Sul	140	093
59	503	0,25	078	17,5	Sudoeste	150	045
60	1132	0,29	087	27,5	Sudeste	120	063
61	1.620	0,22	080	34,0	Sudeste	195	085
62	622	0,24	078	20,0	Sudeste	100	051
63	384	0,30	069	12,5	Sudeste	110	036
64	10.427	0,23	073	77,5	Sudeste	110	211
65	5.798	0,13	074	77,5	Sudeste	110	210
66	916	0,22	065	21,0	Sudeste	115	065
67	14.990	0,21	076	102,5	Sudeste	115	270
68	10.976	0,13	072	105,0	Sudeste	110	290
69	24.350	0,19	066	117,5	Sudeste	110	358
70	7.666	0,12	067	85,0	Sul	120	254
71	1.352	0,28	051	17,5	Sul	135	069
72	7.958	0,14	063	75,0	Sul	125	238
73	1.353	0,36	057	17,5	Sul	135	061
74	460	0,26	036	7,5	Sul	95	042
75	8.086	0,21	059	57,5	Sudeste	100	196
76	5.294	0,27	061	42,5	Sudeste	100	139
77	1.584	0,27	061	23,5	Sul	125	077
78	73.650	0,28	056	142,5	Sul	105	510
79*	66.848	0,20	059	172,5	Sul	135	580
80	17.245	0,12	057	110,0	Sul	130	386
81	2.079	0,19	047	25,0	Sul	130	106
82	41.050	0,18	056	132,5	Sul	135	474
83	3.409	0,21	048	63,0	Sul	110	126
84	6.009	0,29	045	32,5	Sul	120	145
85	628	0,32	068	15,0	Sul	120	044
86	40.074	0,25	061	122,5	Sul	125	404
87	1.370	0,15	062	30,0	Sul	120	097
88	15.376	0,28	066	77,5	Sul	135	236
Média	15.805	0,00	63	48,0	-	170	170
Desvio	47.180	0,10	17	39,7	-	60	181

Fonte: MARQUES, 2004 modificado

Nota: Dec – declividade; Alt. – altitude; Exp. Solar – exposição solar.; Dir. ventos= Direção dos ventos; Comp. Rampa= comprimento de rampa.

O comprimento de rampa médio teve maior representatividade da classe de menor comprimento (0-125 m) com 63% das microbacias. Pequenos comprimentos de rampa significam maior velocidade de chegada da água nas calhas de drenagem e maior velocidade de escoamento. Aliados a declividades acentuadas reduzem a chance de infiltração da água no solo, abastecimento do lençol freático e perenização dos recursos hídricos. Apenas 18 % das microbacias tiveram comprimentos maiores que 250 m. Para os comprimentos de rampa maiores, o tipo de cobertura do solo irá influenciar diretamente no comportamento hidrológico. Rampas longas em solos florestados induzem a infiltração da água da chuva e em solos desnudos auxiliam a formação de processos erosivos.

Todas estas informações conformam um quadro ambiental onde a maior vocação das microbacias é para perder água, devido à baixa capacidade de armazenamento e alta velocidade de evacuação da água das microbacias. Ainda assim, a região apresentou 28 nascentes perenes (Figura 02), onde apenas 11 delas, situadas em 6 microbacias, abastecem toda a vila de Barra de Guaratiba.

Estas nascentes foram formadas principalmente nas partes altas da encosta, sendo que a área que garante o seu abastecimento é a que se encontra à montante do ponto de afloramento, que foi para este estudo considerada como área de captação das nascentes (Figura 02). O manejo adequado destas áreas garante o abastecimento da população de Barra de Guaratiba que possui 4.380 habitantes fixos e cerca de 2.000 veranistas, que nos dias de calor freqüentam as praias da região. As áreas de captação de todas as nascentes somaram 56,4 ha. No entanto, a área de captação que realmente abastece a população é ainda menor, já que nem todas as nascentes estão sendo utilizadas.

Das 28 nascentes apenas 11 (localizadas em 6 microbacias) abastecem todas as casas que usam exclusivamente água de mina, evidenciando que este serviço ambiental é gerado por áreas de captação que somam 18,5 ha, ou seja, em apenas 12,8 % da área total das microbacias (Figura 03).

As áreas responsáveis pela manutenção dos recursos hídricos para provimento de nascentes perenes na região de Barra de Guaratiba, são pequenas e possuem mecanismos de regulação hídrica diferenciado, uma vez que a variável entrada de precipitação foi considerada como homogênea.

As encostas possuem altitude máxima de 345 metros, ela apresentou 16 nascentes distribuídas entre as cotas 230-345 m (terço superior), 5 nascentes, terço médio (125 a 230 m) e 7 nascentes no terço inferior (0 a 120 m), evidenciando que a região hidrográfica de reforço de recarga (OTTONI-NETO, 1995; VALCARCEL, 2003) efetivamente deve ser manejada prioritariamente para gestão de recursos hídricos com finalidade de aumento de produtividade em nascentes de encostas.

Os efeitos hidrológicos das zonas de afloramento em Barra de Guaratiba são peculiares, pois existem descontinuidades do percurso da água pela mudança abrupta das feições do relevo, onde a matriz rochosa aflora diretamente no mar, não havendo uma zona de várzea para equilibrar a saída de água do ecossistema, sendo a água esvaída rapidamente da bacia. O papel das várzeas é transmitir a água lenta e gradualmente para a calha dos rios, fazendo-a ficar por mais tempo retida dentro da bacia, aumentando a perenidade das drenagens.

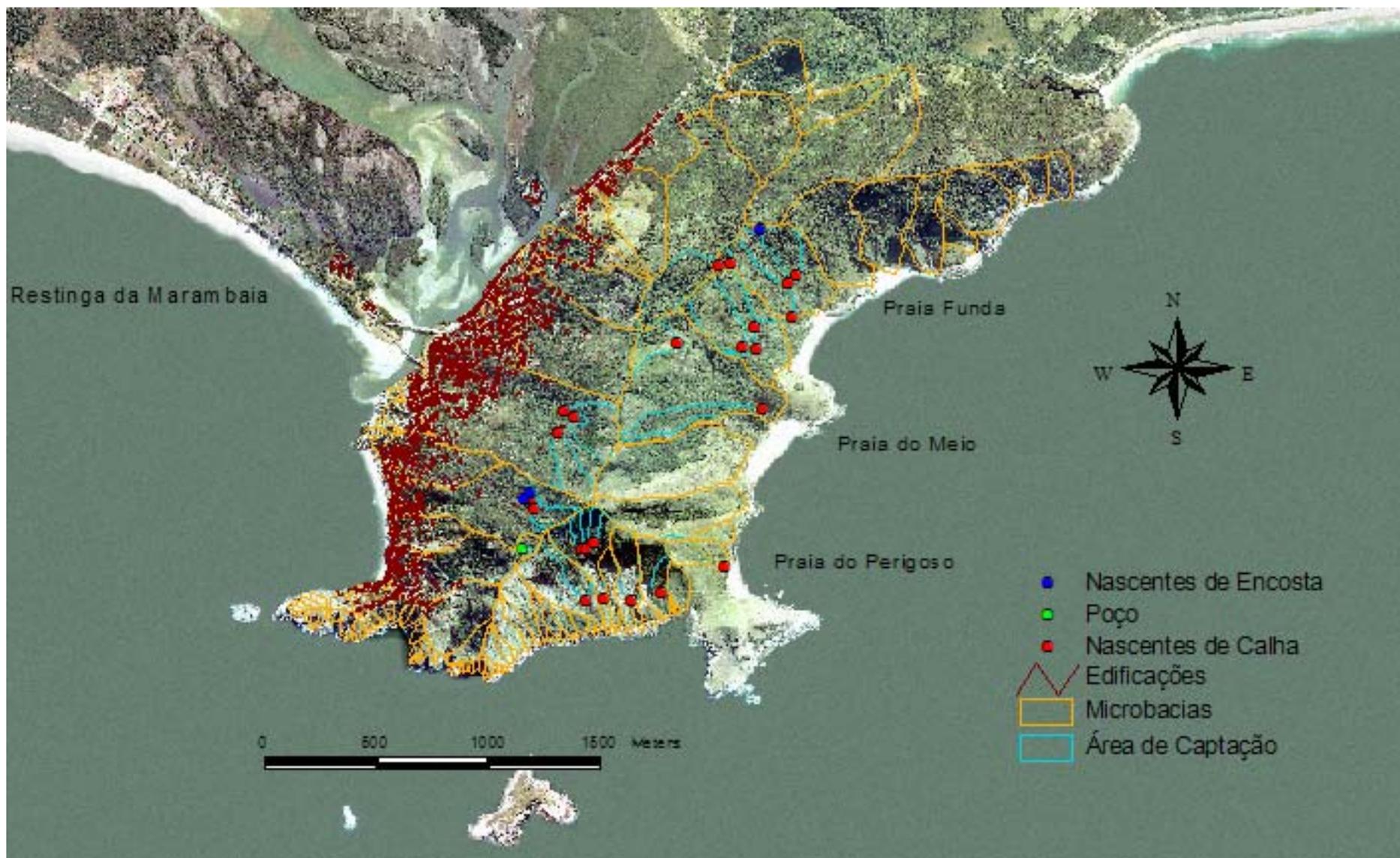


Figura 02: Representação das 88 microbasias, região edificada, 28 nascentes e suas áreas de captação em Barra de Guaratiba, RJ.