

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**TESE**

**Valoração dos Serviços Ambientais da Floresta  
de Mata Atlântica associados à Qualidade e  
Quantidade da Água na APA do Sana**

**Milton Marques Fernandes**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS DA FLORESTA DE  
MATA ATLÂNTICA NA QUALIDADE E QUANTIDADE DE ÁGUA NA  
APA DO SANA**

**MILTON MARQUES FERNANDES**

*Sob orientação do Professor*  
**Marcos Bacis Ceddia**

*e Co-orientação dos Professores*  
**Lucia Helena Cunha dos Anjos**

*e*  
**Peter Herman May**

Tese submetida como Requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2009

628.168

F363v

T

Fernandes, Milton Marques, 1980-  
Valoração dos serviços  
ambientais da floresta de Mata  
Atlântica na qualidade e quantidade  
de água na Apa do Sana / Milton  
Marques Fernandes - 2009.  
115 f. : il.

Orientador: Marcos Bacis Ceddia.  
Tese (Doutorado) - Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Curso de Pós-Graduação em  
Agronomia.

Bibliografia: f. 77-84

1. Água - Qualidade - Macaé (RJ)  
- Teses. 2. Água - Análise - Macaé  
(RJ) - Teses. 3. Bacias  
hidrográficas - Teses. 4. Mata  
Atlântica - Aspectos ambientais -  
Teses. 5. Petróleo - Teses. I.  
Ceddia, Marcos Bacis, 1968-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro. Curso de Pós-Graduação  
em Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta tese, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

**MILTON MARQUES FERNANDES**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 20/ 02 / 2009

---

Marcos Bacis Ceddia. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Elba dos Santos de Oliveira. Dra. INT

---

Daniel Fonseca de Carvalho. Dr. UFRRJ

---

Rachel Bardy Prado. Dra. EMBRAPA Solos

---

Fernando César Veiga Neto. Dr. TNC - The Nature Conservancy

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais e avós

Aos meus sobrinhos

A todos os amigos que direta e indiretamente ajudaram nesta Tese

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus por estar cumprindo mais esta etapa.

A minha família por sempre ter me apoiado nos momentos difíceis.

Ao Professor Marcos Bacis Ceddia por me ter me orientado e acreditado no tema de valoração de serviços ambientais, apesar de todas as dificuldades.

A professora Lucia Helena Cunha dos Anjos pelos bons conselhos ao longo do Doutorado e pelo apoio no final.

Ao professor Daniel Fonseca de Carvalho pela ajuda na parte hidrológica.

Ao professor Peter May pelo suporte e orientação no tema de valoração ambiental.

Aos professores Ricardo Valcarcel e Marcos Gervasio Pereira.

Aos amigos que me auxiliaram ao longo de todo doutorado em especial a Júlia, Livia, Magno (Ganso), Renata e Adriano (Mingau).

A CAPES pela bolsa de doutorado e ao CPGA-CS.

A todos moradores do Sana pela ajuda direta e indireta. Ao apoio da Prefeitura de Macaé.

## RESUMO GERAL

FERNANDES, Milton Marques. **Valoração dos serviços ambientais da Floresta de Mata Atlântica associados à qualidade e quantidade da água na APA do Sana**. 2009. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

O estudo avaliou a relação entre cobertura do solo e qualidade e quantidade de água em microbacias hidrográficas de forma a valorar os serviços ecossistêmicos da Floresta de Mata Atlântica em duas microbacias (Palmital e Glória) localizadas na Área de Proteção Ambiental (APA) do Sana, município de Macaé (RJ). As microbacias possuem diferentes percentuais de cobertura com Floresta de Mata Atlântica e pastagem e a água é utilizada para abastecimento público sem nenhum tratamento físico ou químico. Foi realizado diagnóstico ambiental da área das microbacias e a qualidade de água foi monitorada com frequência mensal durante um ano e, posteriormente, com medições diárias durante o mesmo período. A vazão e a precipitação das microbacias também foram medidas diariamente por um ano, através de vertedores instalados no exutório das microbacias. O volume de sedimentos foi medido localmente e a perda de solo estimada pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). A valoração dos serviços ambientais da Mata Atlântica na água envolveu a valoração pela disposição a pagar dos demandantes destes serviços. A valoração do custo de oportunidade dos fornecedores dos serviços ambientais (usuários de água) e a comparação dos serviços prestados pela Mata Atlântica na qualidade da água tiveram como base o custo de tratamento de água. O diagnóstico ambiental da microbacia Palmital revelou que sua maior área é coberta por florestas bem preservadas (61,58%). Ao comparar divergências entre o uso e cobertura recomendados e o atual, a pastagem foi o uso de maior incongruência na microbacia Glória (44% das áreas de preservação permanente). O monitoramento mensal da qualidade de água não mostrou diferenciação entre as microbacias, bem como o comportamento hidrológico. A microbacia Palmital, com maior área coberta por Mata Atlântica (61,58 %), apresentou vazão superior a microbacia Glória, com maior área de pastagem (51,06% da microbacia). A quantidade de sólidos totais na água foi baixa nas duas microbacias e os valores médios estão dentro do permitido para água de Classe I ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ). Na microbacia Palmital, a turbidez ficou abaixo do limite de potabilidade para Classe I (5 NTU), enquanto na microbacia Glória, os valores foram superiores a esse limite em quatro meses. A produção de sedimentos medida de forma direta apresentou valores próximos aos de perda de solo estimada pela EUPS ( $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). A valoração ambiental com base no custo de tratamento da água revelou que a microbacia Palmital conseguiu manter boa qualidade de água, sem tratamento físico ou químico para o seu consumo; enquanto na microbacia Glória, é necessário o tratamento. Nessa microbacia, o cálculo do custo de reflorestamento das pastagens mais o custo de oportunidade dos fornecedores de serviços ambientais, considerando a disposição a pagar dos demandantes dos serviços ambientais, foi menor que o custo de tratamento de água. A valoração dos serviços ambientais na APA do Sana, por meio da contribuição dos usuários, permitiria a recuperação da faixa ciliar do Rio Sana em um tempo estimado de 2,2 anos.

**Palavras-chave:** Manejo de bacias. Indicadores de qualidade de água. Microbacias florestais.

## GENERAL ABSTRACT

FERNANDES, Milton Marques. **Valuation of Atlantic Forest environmental services in the water quality and quantity of the Sana EPR.** 2009. 115p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The study evaluated the relationship between soil coverage and the quality and quantity of water in watersheds in order to assess the environmental services of the Atlantic Forest in two micro basins. The micro basins Palmital and Glória are located in the Sana Environmental Protection Area (EPR), municipality of Macaé (RJ). They are covered by different percentage of Atlantic Forest and pasture, and the water is used for public supply without any physical or chemical treatment. Environment properties of the micro basins were surveyed, and the water quality monitored monthly for one year, and thereafter daily for another year. The water flow and precipitation were measured daily for one year, through devices installed in the microbasins. The sediment loss was measured locally and the soil loss was estimated by the Universal Soil Loss Equation (USLE). The environmental services of the Atlantic Forest in the water production were valued based on the users' potential to pay for these services. The cost of water treatment was used to evaluate the cost for suppliers of environmental services, and to compare the services provided by the Atlantic Forest in terms of the water quality. The environment diagnosis of Palmital micro basin showed that most of the area is covered by well preserved Atlantic Forest (61.58%). Comparison of divergences between the recommended and the actual land usage showed that pasture was the biggest disparity in the Glória micro basin (44% of the EPR). The monthly monitoring of the water quality did not show difference between the micro basins. The hydrological pattern was similar between the micro basins; however the Palmital, with largest area covered by Atlantic Forest (61.58%), presented a water flow higher than the Gloria micro basin (51.06% of the area with pasture). The total solids in the water of the two microbasins was low, and the values were within the allowed limit for water Class I ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ). The turbidity of Palmital water was below the limit required for Class I potable water (5 NTU). In the Gloria micro basin, the turbidity values were above that limit in four months of the year. The sediment production measured directly showed values close to the soil loss estimated by the USLE ( $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ). The environment valuation, based on the cost of water treatment, showed that the Palmital micro basin was able to maintain good water quality, without physical or chemical treatment for its usage; while in the Gloria micro basin the water treatment was necessary for its consumption. In the Glória micro basin, the cost of reforestation of the pasture plus the opportunity cost of water service providers, considering the willingness of local users to pay for the environment services, was cheaper than the cost of water treatment. The valuation of the environmental services of the Sana EPR, through users' contribution, would allow the reforestation of the riparian area of Sana River in a period of about 2.2 years.

**Key words:** Watershed management. Water quality indicators. Forest microbasins

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Localização da Área de Proteção Ambiental do Sana no município de Macaé-RJ. ....	11
<b>Figura 03:</b> Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia Gloria. ....	18
<b>Figura 04:</b> Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia Palmital. ....	19
<b>Figura 05:</b> Mapa de declividade da microbacia Gloria. ....	20
<b>Figura 06:</b> Mapa de declividade da microbacia Palmital. ....	20
<b>Figura 07:</b> Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) da microbacia Gloria. ....	21
<b>Figura 08:</b> Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) da microbacia Palmital. ....	21
<b>Figura 09:</b> Mapa de perda de solo na microbacia Gloria. ....	25
<b>Figura 10:</b> Mapa de perda de solo na microbacia Palmital. ....	25
<b>Figura 11:</b> Potencial natural de erosão da microbacia Gloria. ....	26
<b>Figura 12:</b> Potencial natural de erosão da microbacia Palmital. ....	26
<b>Figura 13:</b> Análise de sensibilidade dos fatores da EUPS. ....	27
<b>Figura 14:</b> Gráfico Biplot, correlacionando indicadores de qualidade de água nas diferentes estações climáticas e microbacias estudadas. ....	41
<b>Figura 15:</b> Hidrograma da precipitação diária (mm/dia) e a vazão específica ( $m^3/dia/km^2$ ) das microbacias Gloria e Palmital. ....	45
<b>Figura 16:</b> Precipitação média (mm) e vazão específica média mensal ( $m^3/s/km^2$ ) das microbacias Palmital e Gloria. ....	46
<b>Figura 17:</b> Vazão específica e sólidos totais da água das microbacias Palmital (a) e Gloria (b). ....	48
<b>Figura 18:</b> Deflúvio médio e turbidez média mensal das microbacias Palmital e Gloria. ....	49
<b>Figura 19:</b> Deflúvio médio e produção de sedimentos média mensal das microbacias Palmital e Gloria. ....	51
<b>Figura 20:</b> Extensão do Bioma Mata Atlântica (Fonte SOS Mata Atlântica/INPE, 2008). ....	57
<b>Figura 21:</b> Mapa de cobertura florestal de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro (SOS Mata Atlântica/INPE, 2008). ....	59
<b>Figura 22:</b> Percentual do número de habitantes por residência dos usuários de água captada nas microbacias Gloria (a) e Palmital (b). ....	68
<b>Figura 23:</b> Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital consideram que a manutenção da Mata Atlântica e a Mata Ciliar mantêm a qualidade da água que consomem. ....	69
<b>Figura 24:</b> Disposição a pagar, para criar fundo de reflorestamento para os locais de captação de água para abastecimento. ....	69
<b>Figura 25:</b> Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para um fundo, para reflorestar a Mata Ciliar (onde é captada sua água). ....	70

<b>Figura 26:</b> Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para um fundo para que os proprietários de áreas com Mata Atlântica (onde é captada sua água) preservassem a Mata.....	70
<b>Figura 27:</b> Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para ter água de boa qualidade e em quantidade suficiente para as necessidades da família. ....	71
<b>Figura 28:</b> Atrativos, tipos de degradação e causas da degradação na APA do Sana segundo os turistas entrevistados. ....	73
<b>Figura 29:</b> Contribuição voluntária para um fundo para a conservação ambiental da APA do Sana de acordo com turistas entrevistados na APA do Sana. ....	73
<b>Figura 31:</b> Detalhe do perfil de solo 2 (Cambissolo Háplico).....	86
<b>Figura 34:</b> Detalhe do perfil de solo 5 (Neossolo Flúvico). ....	92
<b>Figura 35:</b> Detalhe do perfil de solo 6 (Cambissolo Háplico).....	93
<b>Figura 36:</b> Detalhe do perfil de solo 7 (Argissolo Amarelo). ....	94
<b>Figura 37:</b> Detalhe do perfil de solo 8 (Cambissolo Háplico).....	96
<b>Figura 38:</b> Detalhe do perfil de solo 9 (Neossolo Flúvico). ....	98

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Características fisiográficas das microbacias Palmital e Gloria.....	17
<b>Tabela 02:</b> Identificação e declividade média das sub-bacias.....	22
<b>Tabela 03:</b> Erodibilidade do solo (k) e distribuição das classes de solo (%). ....	23
<b>Tabela 04:</b> Valores do fator comprimento de rampa e declive (LS) por sub-bacia.....	24
<b>Tabela 05:</b> Valor de CP para as diferentes coberturas vegetais e formas de manejo das microbacias.....	24
<b>Tabela 06:</b> Classificação do grau de erosão hídrica (FAO, 1967) e perda de solos das microbacias Gloria e Palmital.....	25
<b>Tabela 07:</b> Precipitação média por estação climática e teores de alcalinidade, cloreto, dureza, matéria orgânica, pH e sulfato da água das microbacias Palmital e Gloria.....	38
<b>Tabela 08:</b> Coeficientes de correlação de parâmetros de qualidade de água entre as microbacias com a precipitação pluviométrica.....	38
<b>Tabela 09:</b> Turbidez da água (NTU) e sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das microbacias da Gloria e Palmital entre estação e entre microbacias.....	38
<b>Tabela 10:</b> Correlação de sólidos totais e turbidez com a precipitação.....	39
<b>Tabela 11:</b> Teores de Cobre, Chumbo, Zinco, Manganês e Cádmio da água das microbacias da Gloria e Palmital entre estação e entre microbacias.....	39
<b>Tabela 12:</b> Correlação dos metais pesados com a precipitação.....	40
<b>Tabela 13:</b> Correlação da precipitação diária e a vazão específica das microbacias Gloria e Palmital.....	42
<b>Tabela 14:</b> Correlação entre a vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) e a quantidade de sólidos totais ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) das microbacias Gloria e Palmital.....	47
<b>Tabela 15:</b> Correlação entre a vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) e a turbidez (UNT) das microbacias Gloria e Palmital.....	49
<b>Tabela 16:</b> Correlação entre a vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) e a produção de sedimentos (t/ha) das microbacias Gloria e Palmital.....	50
<b>Tabela 17:</b> Valoração dos custos de oportunidade com os fornecedores de serviços ambientais.....	68
<b>Tabela 18:</b> Base de cálculo para a valoração dos serviços ambientais e de recuperação das microbacias Gloria e Palmital.....	72
<b>Tabela 19:</b> Dados sócio-econômicos dos turistas entrevistados na APA do Sana.....	72

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. CAPÍTULO I - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE DUAS MICROBACIAS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MATA ATLÂNTICA UTILIZADAS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	2
2.1. RESUMO .....	3
2.2. ABSTRACT .....	4
2.3. INTRODUÇÃO .....	5
2.4. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
2.4.1. Diagnóstico Físico de Microbacias .....	6
2.4.2. Manejo de Bacias Hidrográficas .....	7
2.4.3. Microbacias Hidrográficas e Cobertura Florestal.....	7
2.4.4. Quantificação de Erosão em Microbacias .....	8
2.5. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.5.1. Localização da Área de Estudo .....	11
2.5.2. Caracterização da Área de Estudo .....	11
2.5.3. Determinação das Características Fisiográficas das Microbacias Hidrográficas .....	12
2.5.4. Base Cartográfica Digital e Mapeamento Temático.....	13
2.5.5. Mapa de Unidades de Solos.....	14
2.5.6. Cálculo da Perda de Solo pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) .....	15
2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
2.6.1. Diagnóstico Ambiental.....	17
2.6.2. Características Fisiográficas das Microbacias Hidrográficas.....	17
2.6.3. Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	17
2.6.4. Áreas de Preservação Permanente.....	19
2.6.5. Medição das Perdas de Solo .....	22
2.7. CONCLUSÕES .....	28
3. CAPÍTULO II - QUALIDADE E QUANTIDADE DE ÁGUA EM DUAS MICROBACIAS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MATA ATLÂNTICA	29
3.1. RESUMO .....	30
3.2. ABSTRACT .....	31
3.3. INTRODUÇÃO.....	32
3.4. REVISÃO DE LITERATURA .....	33
3.4.1. Qualidade de Água em Microbacias Florestais .....	33
3.4.2. Atributos Físicos e Químicos .....	34
3.4.3. Metais Pesados como Indicadores.....	35
3.5. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.5.1. Monitoramento da Qualidade e Quantidade de Água .....	36
3.5.2. Análise Estatística dos Dados de Qualidade e Quantidade .....	36
3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
3.6.1. Qualidade e Quantidade de Água nas Microbacias - Monitoramento da Qualidade da Água (Mensal).....	37
3.7. CONCLUSÕES.....	52

4. CAPÍTULO III - VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS HIDROLÓGICOS DA MATA ATLÂNTICA NA APA DO SANA .....	53
4.1. RESUMO .....	54
4.2. ABSTRACT .....	55
4.3. INTRODUÇÃO .....	56
4.4. REVISÃO DE LITERATURA .....	57
4.4.1. O Bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro .....	57
4.4.2. Valoração dos Serviços Ambientais .....	60
4.4.3. Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos Aplicados a Água .....	62
4.4.4. Externalidades Ambientais .....	64
4.4.5. Valoração Contingencial pela Disposição a Pagar .....	65
4.5. MATERIAL E MÉTODOS .....	66
4.5.1. Valoração dos Serviços Ambientais da Floresta de Mata Atlântica .....	66
4.5.2. Avaliação dos Resultados de Valoração dos Serviços Ambientais .....	66
4.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
4.6.1. Valoração dos Serviços Ambientais .....	67
4.6.2. Valoração Ambiental da APA do Sana na Perspectiva do Turista .....	72
4.7. CONCLUSÕES .....	74
5. CONCLUSÕES GERAIS .....	75
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
8. ANEXO .....	84

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em junho de 2004, a Prefeitura Municipal de Macaé realizou estudo de diagnóstico ambiental da faixa marginal dos rios da bacia do rio Sana. Neste diagnóstico foi encontrado que a qualidade da água segundo o Índice de Qualidade de Água (IQA) (CETESB, 2003) estava próxima à faixa considerada ruim (20 a 36) e que a baixa qualidade da água estava relacionada ao uso inadequado do solo por atividades tais como pecuária, agricultura e ocupação urbana da faixa ciliar.

A água consumida na localidade de Arraial do Sana, APA do Sana-Macaé-RJ é captada em duas microbacias dos córregos denominadas de Palmital e Glória, respectivamente. A água captada da microbacia Palmital é coletada numa microbacia cercada de mata atlântica na sua área de contribuição. Já a água captada na microbacia do Glória é coletada em microbacia cercada de áreas de pastagem. A água é consumida *in natura* pela população, sendo que as tentativas de implantar estações de tratamento de água nas duas áreas pela Empresa Municipal de Habitação Urbanismo Saneamento e Águas de Macaé (EMHUSA) foram sempre rejeitadas pela população.

A Lei N.º 5100 de 04/10/2007 do ICMS Verde, a ser implementada este ano (2009) no Estado do Rio de Janeiro, estabelece que o repasse de recursos do ICMS é baseado em 30% na qualidade ambiental da água e em 45% na cobertura florestal, para um dado município. A carência de dados do papel da floresta dentro da microbacia em fornecer e manter serviços ambientais hidrológicos (quantidade e qualidade de água) é uma deficiência no sistema de repasse aos municípios do ICMS Verde, assim como o valor dos serviços ambientais.

Portanto, no presente estudo propôs-se avaliar em duas microbacias representativas da bacia do rio Macaé, com percentuais contrastantes de cobertura florestal para valorar o serviço ambiental da floresta de Mata Atlântica na manutenção da quantidade e qualidade da água. Ambas as microbacias estão inseridas na Área de Proteção Ambiental do rio Sana que é a maior unidade de conservação do município de Macaé. Na localidade denominada Severina, no rio Macaé, está localizada a estação de captação de água para consumo da população urbana e para uso industrial de Macaé. A CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) tem nesta localidade seu ponto de captação para suprir a população urbana (420 litros por segundo), bem como a Petrobrás, para abastecimento interno e industrial (150 litros por segundo), e o abastecimento das duas Termoelétricas: UTE Norte Fluminense (185 litros por segundo) e a Macaé Merchant-El Passo (74 litros por segundo), para resfriamento das turbinas, caracterizando um tipo de uso industrial da água.

A hipótese do trabalho foi de que bacias hidrográficas com maior percentual de cobertura florestal apresentam melhor conservação do solo e da água. Neste aspecto, a cobertura florestal realiza um serviço ambiental para a integridade do solo e da qualidade e quantidade da água. Portanto, foi avaliado, neste estudo o quanto florestas prestam serviços ambientais conservando o solo e a qualidade e quantidade da água para usos múltiplos que podem ser ou não valorados.

O objetivo geral do presente estudo foi quantificar a relação entre a cobertura do solo e a qualidade da água em duas microbacias do domínio da Mata Atlântica. Localizadas na Área de Proteção Ambiental do Sana-Macaé-RJ de forma a valorar os serviços ecossistêmicos da Floresta de Mata Atlântica nestas microbacias.

## **2. CAPÍTULO I**

### **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE DUAS MICROBACIAS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MATA ATLÂNTICA UTILIZADAS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

## 2.1. RESUMO

O objetivo geral deste estudo foi realizar o diagnóstico ambiental de duas microbacias utilizadas para captação de água com diferentes percentuais de cobertura de Mata Atlântica. As microbacias Glória e Palmital estão situadas na Área de Proteção Ambiental (APA) do Sana no município de Macaé-RJ. Os objetivos específicos foram: determinar as características fisiográficas das microbacias; levantar o uso e ocupação da terra e as incongruências de uso nas Áreas de Preservação Permanente; quantificar a perda de solo pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Foram utilizadas cartas planialtimétricas, imagens de satélite, e levantamento de campo, as quais foram integradas usando ferramentas de SIG. O modelo matemático usado foi a EUPS, implementada através de geoprocessamento. Foram também calculados a perda de solo e o potencial natural de erosão. As duas microbacias apresentaram características fisiográficas semelhantes, que favorecem a um maior tempo de concentração de água nas microbacias. Os resultados mostram que para formular um plano de manejo das microbacias Gloria e Palmital deve-se dar prioridade ao reflorestamento das áreas de pastagem, pois é o principal uso do solo e de incongruência. As microbacias apresentaram baixo percentual de uso do solo com alto potencial de degradação da qualidade da água para abastecimento público, tanto na área de preservação permanente como em toda a área das microbacias. As microbacias Gloria e Palmital apresentaram reduzidos valores de perda de solo refletindo a adequada cobertura por floresta ou reduzida pressão de uso das pastagens, influenciando favoravelmente o fator CP. De acordo com análise de sensibilidade o fator CP foi o que mais influenciou a estimativa de perda de solo. As maiores estimativas do potencial natural de erosão ocorreram, principalmente, junto às linhas de drenagem. A microbacia Gloria, de forma geral, apresentou um maior potencial natural de erosão que a Palmital.

**Palavras chave:** Características fisiográficas. Meio físico. Perda de solo.

## 2.2. ABSTRACT

The aim of this study was to perform the diagnosis of two environmental microbasins, used as source of water, which had different percentages of Atlantic Forest coverage. The watersheds Glória and Palmital are located in the Area of Permanent Preservation (APA) of Sana, in Macaé municipality, Rio de Janeiro State, Brazil. The specific objectives were: to determine the characteristics of the physiographic microbasins; to survey the land usage and occupation, and the usage inconsistencies in the Areas of Permanent Preservation; and to quantify the soil loss according to Universal Soil Loss Equation (USLE). There were used cartographic maps, satellite image, and field survey, integrated using GIS tool. The mathematical model used was the USLE, implemented through geoprocessing. The soil loss and the natural erosion potential were also calculated. The two physiographic microbasins had similar characteristics, which promoted a greater time of concentration of water in the microbasins. The results showed that a management plan for watersheds Gloria and Palmital should give priority to the reforestation of areas covered with pasture, since those were the main inconsistency of land usage. The microbasins showed low percentage of land usage with high potential for degradation of water quality for public supply, in the permanent preservation area, and in the whole watershed. The microbasins Gloria and Palmital showed small values of soil loss, which reflects the adequate forest coverage or deuced grazing intensity in the grassland, influencing positively the CP factor. According to sensitivity analysis of the CP, it was the factor that most influenced the estimate of soil loss. The highest estimates of natural erosion potential occurred mainly along the drainage ways. In general, the watershed Gloria presented greater natural erosion potential than the Palmital.

**Keywords:** Physiographical characteristics. Physical environment. Soil loss.

## 2.3. INTRODUÇÃO

A caracterização do meio físico de bacias hidrográficas e de suas áreas críticas para manutenção da água é essencial para o sucesso do planejamento da conservação e produção da água (Pinto et al., 2005). O conhecimento do uso da terra de uma bacia hidrográfica torna-se importante na medida em que permite confrontar este uso com diversos outros fatores que medem a real capacidade de uso de suas terras. O mau uso conduz a destruição do meio ambiente, acelerando processos de erosão, contribuindo com o assoreamento de cursos d'água e conseqüentemente inundações. Os levantamentos do uso da terra são relevantes, já que os efeitos do uso desordenado causam perturbações no meio ambiente (Dill, 2002).

Para a sustentabilidade contínua e tendo a bacia hidrográfica como unidade central de interesse para vários propósitos, o manejo de bacias mais adequado é aquele em que, previamente, são instituídas normas de uso da terra, com base em estudos pormenorizados sobre o efeito de intervenções do homem sobre o meio ambiente. Tal medida associada ao desenvolvimento de práticas conservacionistas resultará no crescimento e manutenção em longo prazo da produtividade dos recursos naturais na bacia hidrográfica (Mauro, 2003). A identificação de usos inadequados das terras é também relevante, pois muitas propriedades rurais apresentam algum tipo de uso conflitante (Moreira et al., 2003; Pinto et al., 2005). O principal instrumento de manejo de bacias hidrográficas previsto em lei é o Código Florestal de 1965, criado pela Lei Federal nº 4.771/65, que nos seus artigos 2º e 3º refere-se as Áreas de Preservação Permanente.

O levantamento do uso e ocupação do solo é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos lagos e reservatórios são conseqüências do mau uso do solo (Santos et al., 1981). Existem inúmeros estudos que demonstram haver uma alta correlação entre a distribuição espacial das atividades humanas, o estado de conservação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica e o nível de degradação dos recursos hídricos (Thorton et al., 1990; Kira & Sazanami, 1995; Tufford et al., 1998).

Para a avaliação e predição das perdas de solo por erosão, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) tem sido o modelo mais utilizado no mundo. A equação engloba um conjunto de fatores naturais e antrópicos. Dentre os naturais, destacam-se a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K) e o fator topográfico (LS), que resultam no potencial natural de erosão. Quando se respeita à paisagem natural definida por fatores do meio físico, intervenientes nos processos de erosão, subentende-se que está estabelecida a tendência de ocupação dos solos, podendo determinar os limites potenciais de utilização das terras (Bueno & Stein, 2004). Dentro dessa concepção, é importante que haja um instrumento que possa oferecer subsídios a decisão sobre o planejamento do uso da terra, tanto no âmbito regional como no local. Com esse propósito, a modelagem da perda de solos pode ajudar, fornecendo previsões para os diferentes usos. Sendo assim, a modelagem matemática dos processos erosivos é uma importante ferramenta para o gerenciamento de bacias hidrográficas e de áreas agrícolas, auxiliando na determinação das práticas conservacionistas e indicando os manejos adequados para os diferentes cenários da paisagem (Bloise et al., 2001).

O objetivo geral deste estudo foi realizar o diagnóstico ambiental das microbacias Glória e Palmital na APA do Sana, em Macaé (RJ), utilizadas para captação de água e com diferentes percentuais de cobertura de Mata Atlântica. Os objetivos específicos foram: determinar as características fisiográficas das microbacias; levantar o uso e ocupação da terra e as incongruências nas Áreas de Preservação Permanente; quantificar a perda de solo pela Equação Universal de Perda de Solo.

## 2.4. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.4.1. Diagnóstico Físico de Microbacias

Elaborar um diagnóstico físico é interpretar a situação ambiental dessa área, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, quer relacionado aos elementos físicos e biológicos, quer aos fatores socioculturais. O conhecimento sistemático para a análise e estudo do meio ambiente pode ocorrer sob várias categorias de estudos como: Levantamentos Ambientais, Diagnósticos Ambientais, e Diagnósticos físicos - conservacionistas (Tamanini, 2008). Estes têm como propósito subsidiar o planejamento e gerenciamento ambiental.

O diagnóstico físico-conservacionista, para avaliar a deterioração ambiental, deve ser a primeira fase de um planejamento para uma bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica. Nele são usadas técnicas de quantificação de retenção de água das chuvas, por infiltração, associada a vários fatores correlatos, tais como: limpeza de canais e tributários, seleção de terras apropriadas para o florestamento, faixas de contenção e controle de áreas agrícolas e pastoris envolvendo ainda todos os processos de conservação do solo (Rocha & Kurts, 2001).

Na elaboração de planejamentos agroambientais exige-se, dentre outras informações, as relacionadas ao diagnóstico físico, envolvendo aspectos de solos, clima, relevo, vegetação, recursos hídricos e outros. Deste modo, utilizando metodologias orientadas para avaliação das terras é possível se estabelecer as alternativas de usos agrícolas mais adequados, garantindo a produção e controlando a erosão por um tempo indeterminado (Mendonça et al., 2006).

Rocha & Kurts (2001) comentam que, de acordo com os diagnósticos, são elaborados prognósticos que são indicadores para a melhoria de vida dos habitantes de uma dada área. O diagnóstico é realizado para se conhecer os problemas que afetam uma população, através de observações, questionamentos, análises e interpretações dos recursos naturais renováveis com relação à qualidade de vida. O prognóstico é a previsão ou a suposição sobre o que deve acontecer em uma comunidade se esta se submeter às recomendações técnicas de melhoria de vida, as quais são formuladas pela interpretação dos diagnósticos.

O diagnóstico físico-conservacionista de microbacias é importante e necessário pois permite analisar conflitos entre o uso atual e a capacidade de uso das terras e visando avaliar os problemas ocasionados pelas enchentes, secas e erosões (Araújo Junior et al., 2002).

As relações entre meio ambiente e agricultura são muito estreitas, e o sucesso da atividade agrícola depende dos recursos e restrições ao meio ambiente, especialmente da topografia, dos recursos do solo, da disponibilidade de água, do regime térmico, dos recursos de tecnologia, da capacidade empresarial do agricultor e do seu nível de informação técnica. Com o aumento da população mundial, a busca por novas técnicas agrícolas, numa tentativa de solucionar a demanda, por alimentos intensificou cada vez mais o uso e degradação da terra, provocando na maioria das vezes o empobrecimento acelerado e a erosão do solo, o que fez a maioria dos países se preocuparem com a questão ambiental (Santos & Garcia, 2003).

O mapeamento ambiental de uma microbacia pode subsidiar estudos e planejamentos de atividades urbanas e rurais, com direcionamento e adequação do uso e ocupação do solo, (indicação de áreas propícia à exploração agrícola, pecuária ou florestal, previsão de safras e planejamento urbano). O levantamento de uso da terra é um dos primeiros passos para avaliar os recursos dos solos quanto à sua capacidade produtiva, localização e quantificação, bem como, para evitar o uso inadequado e desordenado dos recursos naturais (Araújo et al., 2002).

## **2.4.2. Manejo de Bacias Hidrográficas**

O manejo de bacias hidrográficas, segundo a Sociedade Americana de Engenheiros Florestais, é conceituado da seguinte forma: uso racional dos recursos naturais de uma bacia, visando produção de água em quantidade e qualidade. Atualmente, no Brasil, uma definição mais elaborada deste termo é que o manejo de bacias hidrográficas é a administração dos recursos naturais de uma área de drenagem, primariamente voltado para a produção e proteção da água, incluindo o controle de erosão, enchentes e a proteção dos aspectos estéticos associados à presença da água (Cecílio & Reis, 2008).

O manejo de bacias tem como objetivos básicos: a) tornar compatível a produção com a preservação ambiental; e b) concentrar esforços das diversas instituições presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas desenvolvidas dentro da bacia sejam realizadas de forma sustentável e trabalhadas integradamente. A microbacia é uma unidade física ideal para estudos e planejamento integrado de recursos naturais e renováveis, por ser uma unidade ecológica com contornos naturais e se constituir num ecossistema que precisa ser planejado de maneira racional (Araújo Junior et al., 2002).

Visando a recuperação e a conservação dos recursos naturais, principalmente o solo e a água, a unidade - microbacia hidrográfica - facilita, através do manejo integrado destes recursos, a implementação de ações que visem à manutenção do equilíbrio do sistema ambiental, sem comprometer a produtividade agrícola, uma vez que as práticas conservacionistas asseguram a sustentabilidade da propriedade, diminui os gastos, proporcionando maior lucro aos agricultores a médio e longo prazo (Machado & Stipp, 2003).

Em termos de unidade de estudo e operação, a microbacia hidrográfica é a unidade espacial de planejamento mais apropriada por permitir controle mais objetivo dos recursos humanos e financeiros, favorecendo a integração de práticas de uso e manejo do solo e da água e a organização comunitária. O trabalho em microbacia cria condições que tornam compatíveis as atividades produtivas e a preservação ambiental, permitindo um desenvolvimento sustentável (Pereira & Molinari, 1995).

O estudo em microbacias hidrográficas permite verificar a relação sistêmica entre os elementos envolvidos, sendo um instrumento de grande importância, já que a microbacia tem contornos bem definidos e funciona como um sistema aberto e sensível a qualquer alteração no ambiente, que por sua vez pode ser mensurado através da qualidade da água (Oki, 2002). O manejo sustentável de microbacias hidrográficas busca usar os recursos naturais de forma a garantir a manutenção da saúde do ecossistema (Lima & Zakia, 1998). Com o ordenamento do uso da terra e de outros recursos naturais, em nível de microbacia, é possível produzir bens e serviços sem destruir ou afetar irreversivelmente o solo e a água, tendo como ferramenta o planejamento orientado das atividades e uso do solo (Brooks et al., 1991).

## **2.4.3. Microbacias Hidrográficas e Cobertura Florestal**

Quanto à hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas não é realizada com base somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Tendo as microbacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade, como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal). sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no uso do solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias.

Portanto, essa explicação contribui na distinção, definição e delimitação espacial de microbacias e bacias hidrográficas, sendo sua compreensão, crucial para a estruturação de programas de monitoramento ambiental, por meio de medições de variáveis hidrológicas, liminológicas, da topografia e cartografia e com o auxílio de sistemas de informações

geográficas. Dessa forma, pode-se chegar a uma adequação espacial de microbacias e bacias hidrográficas (Lima & Zakia, 2000).

#### **2.4.4. Quantificação de Erosão em Microbacias**

Quando se pensa em todos os tipos de solos, grau de declive e tipo de clima, verifica-se como pode diferir o tipo de uso do solo e as práticas de manejo de cada um deles. Assim, as técnicas de sistemas de informações geográficas (SIG) e modelagem matemática são ferramentas que possibilitam coletar e analisar informações temáticas, simular a atuação de peritos na área, prever cenários e impactos dos usos agrícolas, respectivamente, oferecendo os subsídios necessários aos planos de manejo do solo e da água (Fernandes et al., 2002).

Muitos estudos se propõem a mensurar a erosão superficial e seus processos condicionantes, dispondo-se de métodos diretos, baseados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratório; ou ainda métodos indiretos, por meio de modelagem matemática, dentre eles o que utiliza parâmetros empíricos, como o modelo da Equação Universal de Perda de Solo (USLE – Universal Soil Loss Equation), proposta inicialmente por Wischmeier & Smith (1978) e depois revista por Renard et al. (1991) e Nearing, (1997), a qual abrangendo a erosão entressulcos (interravinar) e em sulcos (ravinar) de forma global, sendo consideradas constantes. A partir da década de 90, tem-se utilizado também, modelos com base em processos hidrológicos, como o Projeto de Predição da Erosão Hídrica (WEPP – Water Erosion Prediction Project), proposto por Elliot et al. (1989). Neste, os parâmetros de erodibilidade entressulcos e em sulcos são atribuídos como propriedades dinâmicas, alteráveis diante das modificações das superfícies geomorfológicas e demais condicionantes pedológicas.

Mesmo considerando-se que os modelos atuais, baseados em processos físicos, têm grande potencial de predição e aplicação, existem grandes limitações nestes modelos, o que dificulta a substituição dos modelos empíricos mais populares, como a USLE (Foster & Lane, 1987). Uma destas limitações, consiste no volume de recursos e tempo requeridos para a obtenção e compilação de dados e parâmetros, necessários para a aplicação adequada nas novas versões de modelos para predição e avaliação da erosão superficial do solo. Haan (1989), considera também que existem incertezas nas diferentes etapas do processo de modelagem, como a variabilidade espacial e temporal dos processos hidrológicos e sedimentológicos, somada às limitações das estruturas numéricas e aos processos de calibração destes modelos. Laften (1996) comenta sobre o uso do modelo matemático WEPP (Water Erosion Prediction Project), projetado para substituir a USLE nos EUA

O modelo de estimativa de perdas de solo por erosão hídrica descrito neste texto foi desenvolvido no National Runoff and Soil Loss Data Center, estabelecido em 1954 pela administração da educação e ciência (do Agricultural Research Service), dos Estados Unidos, em cooperação com a Universidade de Purdue (Wischmeier & Smith, 1978).

Este modelo é conhecido como “Equação Universal de Perdas de Solo” (EUPS), em consequência de modificações que superaram as restrições climáticas ou geográficas dos primeiros estudos. Foi uma forma de distinguir esta equação de modelos anteriores baseados em condições locais. O aperfeiçoamento da equação, resultado da reunião e análise de dados básicos de vários locais nos Estados Unidos, consistiu na inclusão de: a) um índice de erosão de chuva; b) um método de avaliar os efeitos do manejo de uma cultura com vistas às condições climáticas locais; c) um fator quantitativo de erodibilidade do solo; e d) um método que leva em conta os efeitos de interpolações de certas variáveis, tais como nível de produtividade, seqüência de culturas e manejo dos resíduos (Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

Formulação da equação:  $A = R * K * L * S * C * P$

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano);

R = fator chuva: índice de erosão pela chuva (MJmm/ha.h.ano);

K = fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m (t.ha.h/ha.MJ.mm);

L = fator comprimento do declive: relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e grau de declive;

S = fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa;

C = fator uso e manejo: relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado;

P = fator práticas conservacionistas: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas de um terreno cultivado morro abaixo.

Os fatores da USLE são detalhados a seguir:

#### **a) Erosividade (R)**

O fator R é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção (Lombardi Neto, 1999).

Segundo Wischmeier & Smith (1978), a perda de terra é diretamente proporcional a um parâmetro da chuva identificado como  $EI_{30}$  que é o produto de duas características da chuva: a sua energia cinética e sua intensidade máxima em 30 minutos. Este produto representa um termo de interação que mede o efeito de como a erosão por impacto, o salpico e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas. Este parâmetro é expresso pela equação (sistema internacional):

$$EI_{30} = (0,119 + 0,073 \log_{10} I) I_{30}$$

Este dado pode ser obtido por consulta a mapas de isoerodentes, como feito em estudos realizados na bacia do Ribeirão Bonito por Castro (1992). O fator R pode ser determinado por outros índices, segundo Lombardi Neto, citado por Kuntschik (1996):

$$EI = 89,823 (r^2 / P)^{0,759}$$

Onde EI é a média mensal do índice de erosão (MJ.mm/ha.L), r é a precipitação média mensal em milímetros e P é a precipitação média anual em milímetros. O índice de erosão médio anual, isto é, o fator R para um local, é a soma dos valores mensais dos índices de erosão. Para um longo período de tempo, 20 anos ou mais, essa equação estima com relativa precisão os valores médios de EI de um local, usando somente totais de chuva, os quais são disponíveis para muitos locais.

#### **b) Erodibilidade do solo (K)**

A erodibilidade do solo é definida como a suscetibilidade de um solo à erosão e é característica inerente do solo. As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade são aquelas que: (a) afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água; (b) resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento.

Geralmente este valor é obtido experimentalmente por institutos de pesquisa na área de solos (Castro, 1992). Porém, Wischmeier & Smith (1978) propõem o uso de um nomograma para determinação deste valor, devido à complexidade de determinar este valor. Mas Henklain & Freire (1983) advertem que apesar de parecer fácil a aplicação de nomogramas, a comparação entre valores de K, medidos diretamente e os estimados graficamente não tem sido muito exata. Estes autores concluíram que a precisão do nomógrafo de Wischmeier é baixa quando utilizado para solos com baixa porcentagem de silte mais areia muito fina, não podendo ser adotado com segurança nestes casos.

### **c) Fator topográfico (LS)**

Segundo Wischmeier & Smith (1978), tanto o comprimento do declive como o seu gradiente afetam a intensidade de erosão pela água. Estes dois efeitos têm sido pesquisados separadamente e são representados na equação de perdas de solo por L e S, respectivamente. No entanto, para aplicação prática, é mais conveniente considerá-los conjuntamente como um fator topográfico: LS. Estes mesmos autores apresentaram uma equação única para L e S (sistema internacional):

$$LS = ((L^{1/2})/100)*(1,36 + 0,97 S + 0,1385 S^2)$$

Onde L é o comprimento do declive em metros e S é o grau do declive em porcentagem. Esta equação é válida para o Sistema Inglês de Medidas e declives essencialmente uniformes. Bertoni & Lombardi Neto (1990) desenvolveram a seguinte equação para o fator topográfico, válida para o Estado de São Paulo:

$$LS = 0,00984 * C^{0,63} * D^{1,18}$$

Onde LS é o fator topográfico; C é o comprimento de rampa em metros e D é o grau de declive em porcentagem. O efeito da forma da declividade contribui para um aumento do fator LS para declives convexos e complexos e contribui para uma diminuição do fator LS para declives côncavos.

### **d) Uso-manejo do solo (C)**

Os efeitos das variáveis uso e manejo não podem ser avaliados independentemente, devido às diversas interações entre eles. Por exemplo, uma cultura pode ser plantada continuamente em um mesmo local ou então em rotação com outras. Seus restos podem ser removidos, deixados na superfície, incorporados próximo à superfície ou totalmente enterrados com o preparo do solo. Quando deixados na superfície, podem ser cortados ou mantidos como foram colhidos. O preparo do solo pode deixar a superfície do terreno bastante irregular ou lisa. Considerando as diferentes combinações dessas variáveis, o efeito será diferenciado nas perdas de solo. O fator C mede justamente o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo que incluem: tipo de vegetação, desenvolvimento (estádio da cultura), época do ano e manejo cultural. O cálculo do fator C é feito a partir das relações de perdas de terra e da fração da erosividade para cada estágio das culturas.

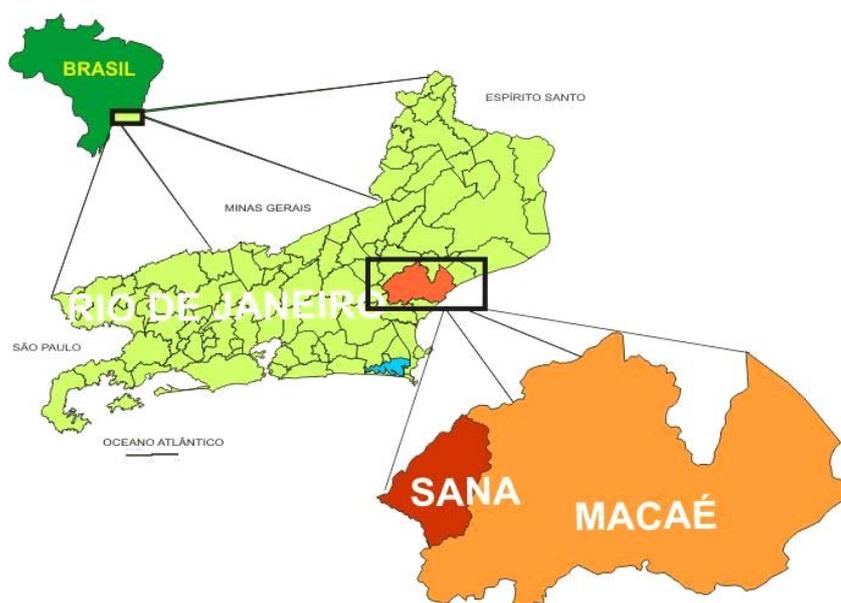
### **e) Práticas conservacionistas (P)**

As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas. O efeito de uma prática como cultivo em contorno é dependente do declive no que se refere ao controle à erosão. Há uma relação inversa entre o declive e a eficiência da prática no controle da erosão.

## 2.5. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.5.1. Localização da Área de Estudo

A área de estudo situa-se na Serra do Mar, localizando-se no Município de Macaé-RJ na latitude  $22^{\circ} 31'$  e longitude  $42^{\circ} 16'$ . A altitude varia de 190 m acima do nível do mar ate 1800 m. A área assume características de regiões montanhosas, com encostas íngremes dissecadas por grotões úmidos, onde estão os córregos (caracterizados por corredeiras rochosas, na maior parte de suas extensões) (PMM, 2003) (Figura 01).

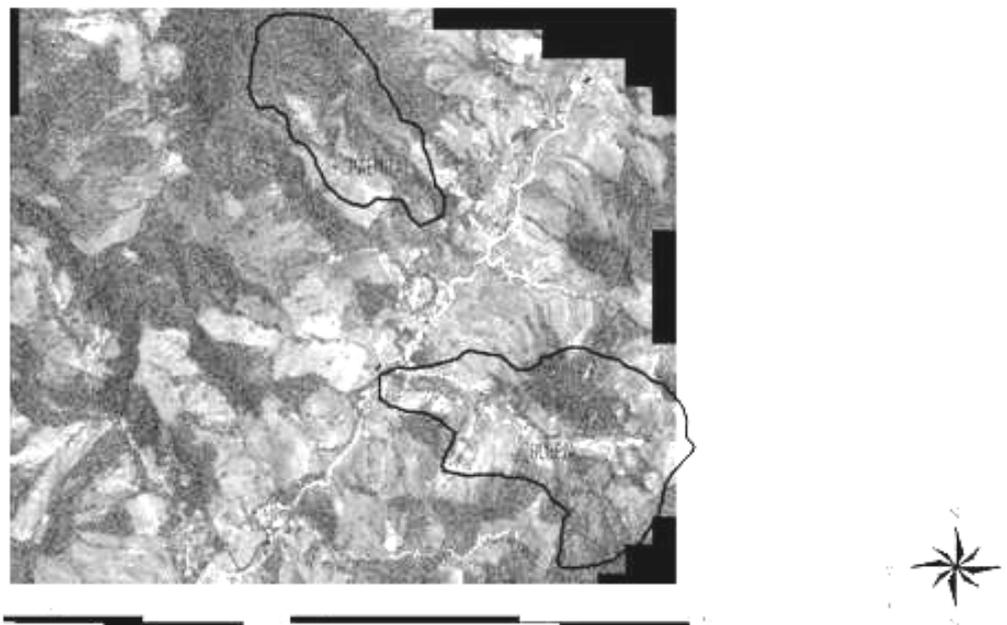


**Figura 01:** Localização da Área de Proteção Ambiental do Sana no município de Macaé-RJ.

### 2.5.2. Caracterização da Área de Estudo

Segundo a classificação proposta pelo Sistema de Köppen, a região da APA do Sana apresenta clima quente, semi-úmido, com estação seca bem identificada e variedade de condições climáticas (amplitude térmica média anual, para temperaturas absolutas nas serras do Norte fluminense, podendo oscilar entre  $6^{\circ}\text{C}$  e  $35^{\circ}\text{C}$ ). A precipitação média anual é de 2.128 mm, sendo o período de maior precipitação de outubro a março e o período de menor precipitação de julho a agosto. APA do Sana encontra-se numa região de Floresta Ombrófila Densa, que originalmente revestia, de forma contínua, quase toda a área da Serra do Mar, caracterizando-se como Mata Atlântica (PMM, 2003).

Como estratégia de trabalho foram selecionadas duas microbacias típicas da região utilizadas como captação de água *in natura* pelos moradores da Área de Proteção Ambiental do Sana. A microbacia Palmital é coberta predominantemente por Mata Atlântica e a outra é coberta predominantemente por pastagem denominada de Gloria (Figura 02).



**Figura 02:** Microbacias dos rios Palmital e Gloria, localizadas na APA do Sana no município de Macaé-RJ utilizadas como objeto de estudo.

### 2.5.3. Determinação das Características Fisiográficas das Microbacias Hidrográficas

#### a) Área das microbacias

A determinação da área de drenagem da bacia foi realizada com auxílio de uma base altimétrica em meio digital na escala de 1:50.000 utilizando-se Arcview 3.2.a.

#### b) Forma da bacia

A forma da bacia fornece índices como fator de forma, compacidade e conformação da bacia. O fator de forma é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial foi medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal. A largura média foi obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendiculares se aproximando da forma da microbacia real. O fator de forma foi calculado pela seguinte fórmula descrita em Villela & Mattos (1975):

$$Ff = B/L$$

Onde:

L = comprimento da bacia

B = largura média

#### c) Índice de compacidade (Kc)

O índice de compacidade (Kc) é definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à da bacia. Foi calculado pela seguinte fórmula (Villela & Mattos, 1975):

$$Kc : 0,28 \cdot P/\sqrt{A}$$

Onde:

P = perímetro da bacia em km

A = área da bacia em km<sup>2</sup>

#### **d) Declividade da microbacia**

O mapa de declividade foi gerado no Arcview 3.2.a, a partir de mapa altimétrico digital da área da bacia, em escala 1:50.000 (referente ao limite da bacia hidrográfica).

#### **e) Densidade de drenagem**

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem na bacia. É definida pela relação entre o comprimento total dos cursos de água que é medido com um curvímeter e a área de drenagem. É calculada pela seguinte fórmula (Villela & Mattos, 1975):

$$Dd = L/A$$

Onde:

L = comprimento total dos cursos de água

A = área de drenagem (área da bacia)

### **2.5.4. Base Cartográfica Digital e Mapeamento Temático**

#### **a) Mapa planialtimétrico**

A fim de possibilitar a utilização da base topográfica em SIG (Sistema de Informação Geográfica), foram executados trabalhos de reedição da base planialtimétrica da área de interesse obtida do IBGE. Os trabalhos consistiram na vetorização dos elementos mapeados, desfragmentação de vetores existentes, adaptação de novas cores/convenções e inserção de valores de cota (coordenada z) às curvas de nível e drenagem.

Para facilitar a determinação dos pontos de amostragem no campo e monitoramento futuro das microbacias, foram gerados modelos digitais de elevação do terreno (MDET). A metodologia utilizada para criação dos MDET, consistiu da edição e atribuição do valor da cota de cada curva de nível existente no mapa planialtimétrico, gerando-se um arquivo com a extensão dxf (Drawing extension file). Esse arquivo foi importado pelo Arcview 3.2.a e, utilizando-se uma rotina própria do pacote computacional, permitindo a criação de modelos digitais de elevação do terreno.

Com o mesmo propósito do item anterior, foram elaborados modelos digitais de declividade do terreno (MDET), que mostram em perspectiva as principais classes de declividade para cada declividade.

A metodologia utilizada para criação dos MDET, foi semelhante à descrita no item anterior (MDET) e também contempla cada microbacia de estudo.

#### **b) Mapa de uso do solo**

O mapa de uso do solo foi gerado a partir de um mosaico de imagens do satélite do sensor Ikonos II, as quais foram tratadas e georeferenciadas utilizando-se o sistema de coordenadas UTM e o *Datum* SAD 69. Após tratamento e georeferenciamento por meio do Arcview 3.2.a, cada classe foi vetorizada e separada em camadas, representado por cores diferentes. Foram vetorizadas as classes de uso do solo que mais contribuem para a qualidade ambiental das microbacias. Que são descritas a seguir:

1 - Uso antrópico – Áreas urbanas ou construídas que constituem as casas, o quintal e o entorno de casas, incluindo ruas e acessos, bem como as áreas de solo exposto e áreas degradadas. É importante frisar que, no caso de áreas construídas, como o trabalho não tinha objetivo de cadastro, o entorno das construções foi determinado como uma área

aproximada ao redor das construções. Se havia um aglomerado de construções próximas, estas foram colocadas dentro de uma única unidade de área construída.

2 - Agricultura – Pequenas áreas de solo preparado para a implementação de culturas agrícolas ou então áreas com culturas perenes, como a fruticultura.

3 – Floresta Secundária – Áreas de floresta natural nos estágios secundário inicial ou secundário tardio.

4 – Capoeira – Áreas em que a vegetação tem um padrão de rugosidade maior do que as pastagens devido a uma maior exuberância e diversidade de espécies. Há uma grande presença de arbustos e as árvores são ausentes ou em número reduzido.

5 - Pastagem – Áreas com plantas forrageiras plantadas ou naturais utilizadas para o pastoreio.

6- Solo exposto – Áreas com ausência total de cobertura vegetal e exposição da camada superficial do solo ou subsolo.

Com apoio de informações de outras bases existentes, como a planialtimétrica, a de solos, os modelos digitais de elevação do terreno, da legislação e de visitas de campo, foi possível a construção da carta de uso do solo que foi utilizada como base para a construção do mapa de incongruências de uso.

### **c) Delimitação das áreas de preservação permanente**

As áreas de preservação permanente foram calculadas com base no código florestal e na Resolução CONAMA 303 de 2002. a) nascente, com raio mínimo de cinquenta metros; b) mata ciliar, em faixa marginal de 30 metros, para cursos d'água de menos de dez metros de largura; c) no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base; d) nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros; e) em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive.

### **d) Mapa de uso incongruente do solo**

Foram consideradas sob uso incongruente todas as áreas que não eram de vegetação nativa presentes nas APPs das nascentes, cursos de água, topo de morro e acima de 45°.

Para a identificação do uso incongruente do solo nas APPs, cruzaram-se os mapas de áreas de preservação permanente versus uso do solo. Para quantificar os tipos de uso incongruente foram cruzados os mapas de uso conflitante com o de uso do solo

## **2.5.5. Mapa de Unidades de Solos**

Os pontos de perfis e tradagens foram coletados utilizando-se uma base planimétrica reeditada, dos modelos digitais de elevação e declividade. Foram estabelecidos os pontos de amostragem de solos permitindo percorrer os diferentes padrões de paisagem (topossequências) que determinam as variações de tipos de solos. Além do padrão de variabilidade espacial, também foi utilizado como referência, para determinação da frequência de amostragem, os Procedimentos Normativos de Levantamentos Pedológicos (EMBRAPA, 1995).

O mapeamento de solos referiu-se ao levantamento de reconhecimento das classes de solos ocorrente nas microbacias em escala 1:50.000 o qual consistiu das seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico e de material básico (mapa de solo expedito e topográfico) e planejamento e separação de pontos a serem levantados;
- campanha de campo onde foi realizada a descrição morfológica e coleta de amostras de perfis para análises físicas e químicas;
- análises químicas e físicas de amostras de perfis;
- tabulação e armazenamento de dados e preparação do relatório técnico do levantamento.

Os critérios adotados para a descrição dos perfis foram os do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2005), inclusive para a identificação das classes de terreno (profundidade, relevo, pedregosidade, rochosidade, drenagem interna e erosão (EMBRAPA, 2006).

### 2.5.6. Cálculo da Perda de Solo pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

A estimativa da perda anual de solo por erosão laminar para a área de estudo foi realizada usando o método proposto por Wischmeier & Smith (1978), que faz uso da Equação Universal de Perda de Solo. Para o cálculo do valor anual de perda de solo trabalhou-se cada fator da EUPS separadamente. Na seqüência se promoveu a multiplicação dos valores utilizando-se o Arcview 3.2.a.

O Fator R: índice de erosão pela chuva (MJmm/ha.h.ano), foi extraído de Montebeller (2005) para o município de Macaé;

O Fator LS: representa os fatores L que é o comprimento de rampa em metros e S que é o declive em %. Para determinação do LS, foi empregado um mapa planialtimétrico do IBGE na escala de 1:50.000, onde cada microbacia foi demarcada, georreferenciada e cotada no Arcview 3.2.a. Cada microbacia teve suas sub-bacias delimitadas.

Em cada sub-bacia foi mensurado através de ferramenta no arcview 3.2a o comprimento de rampa entre o divisor da sub-bacia e a drenagem, em metros, em 10 pontos, e feita a média do comprimento de rampa por sub-bacia. Com o mapa planialtimétrico com os pontos cotados com a delimitação de cada sub-bacia foi gerado um modelo digital de elevação e calculado a declividade média de cada sub-bacia. Os fatores L e S foram calculados para cada sub-bacia baseado na equação (1) descrita por Bertoni & Lombardi Neto (1999):

$$LS = 0,00984 * C^{0,63} * D^{1,18} \quad (1)$$

em que:

LS = fator topográfico (adimensional), C = comprimento de rampa (m) e D = grau de declividade (%).

Fator K = fator de erodibilidade do solo, utilizou-se uma equação apresentada por Bertoni & Lombardi Neto (1999) e Mannigel et al. (2002) pelo método indireto, para cada subhorizonte, por meio da equação de Bouyoucos com a seguinte fórmula:

$$\text{Fator } k = ((\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})) / 100 \quad (2)$$

Onde:

Fator k representa o fator erodibilidade do solo de cada subhorizonte (t.ha.h/ha.MJ.mm) e % areia, % silte e % argila representam as porcentagens das respectivas frações para cada subhorizonte.

Assim, foi calculado o fator k para cada horizonte (A e B, ou C) quando o solo não apresentava o horizonte B por meio da média aritmética entre os valores dos subhorizontes. Os perfis utilizados para calcular o fator k foram retirados do mapeamento de unidades de solo descrito no item anterior. Após a obtenção de cada classe de solo quanto a sua erodibilidade

(K) foi gerado para cada microbacia um plano de informação da erodibilidade do solo no Arcview 3.2a.

Para o fator CP foi gerado um plano de informação para cada classe de uso do solo no Arcview 3.2a.

Cada um dos membros da equação foi espacializado de modo a gerar planos de informações no formato “shapefile”. Os planos de informações foram gerados e manipulados para o formato de “grid”, que através da álgebra de mapas geraram-se mapas de perda de solo por erosão do solo das microbacias, na escala de 1:50.000.

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (3)$$

Foi realizada uma análise de sensibilidade dos fatores LS, CP e K para avaliar qual destes fatores mais influenciou na estimativa de perda de solo, para tal utilizou-se planilha eletrônica (Excel).

Para calcular o potencial natural de erosão (PNE) para cada microbacia, foi aplicada a Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (Wischmeier & Smith, 1965), através de técnicas de geoprocessamento sob a forma:

$$PNE = R.K.L.S \quad (4)$$

Onde:

A = estimativa de perda de solo em tonelada/hectare.ano;

R = erosividade da chuva;

K = erodibilidade do solo;

L = comprimento de rampa da encosta; e

S = declive da encosta.

## 2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.6.1. Diagnóstico Ambiental

O diagnóstico ambiental pode levantar diferentes aspectos do ambiente em análises como o sócio – econômico, biológico e o físico. Neste estudo foi realizado o diagnóstico do meio físico, por compor os aspectos considerados mais relevantes para o estudo do uso e cobertura da terra e a adequação de incongruências nas microbacias Glória e Palmital.

### 2.6.2. Características Fisiográficas das Microbacias Hidrográficas

A microbacia Gloria apresentou área e perímetro superiores a microbacia Palmital. Em termos de área e perímetro as microbacias foram classificadas como unidades pequenas. Tonello et al. (2006) considera que a unidade hidrológica pequena possibilita um melhor controle dos fatores hidrológicos que interferem na microbacia. A área e o perímetro de uma bacia define a sensibilidade hidrológica que a bacia apresenta ao uso do e manejo que ocorrem na mesma.

A forma da microbacia tem implicações no tempo de concentração, ou seja, no tempo necessário para que toda a água que cai na bacia por precipitação atinja o seu exutório. Se a forma da microbacia for alongada o tempo de concentração será maior que uma microbacia de forma mais redonda. O coeficiente de compactidade e o fator de forma são coeficientes que representam a forma da microbacia (Vilella & Mattos, 1975).

As microbacias Palmital e Gloria apresentaram valores próximos de coeficiente de compactidade e do fator de forma. Os valores de coeficiente de compactidade das microbacias foram distantes da unidade (1) e os fatores de forma baixos. Esses valores indicam que as microbacias não possuem um formato semelhante a um círculo, correspondendo a microbacias alongadas, e por isso, apresentaram pequena propensão a picos de cheia e enchente frente a eventos normais de precipitação que pode ser observada na Tabela 01.

De acordo com Vilella & Matos (1975) a densidade de drenagem pode variar entre 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias com pouca drenagem, 0,5 a 3,5 km/km<sup>2</sup> em bacias de média drenagem e 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais em bacias bem drenadas. Desta forma, a microbacia Palmital mostrou-se bem drenada e a Gloria apresentou uma drenagem média. Valores altos de densidade de drenagem estão associados a regiões de rochas impermeáveis. A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Sendo assim, este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (Teodoro et al., 2007).

**Tabela 01:** Características fisiográficas das microbacias Palmital e Gloria.

Microbacia	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Coeficiente de compactidade	Fator de forma	Dens. Drenagem (km/km <sup>2</sup> )
Palmital	1,74	6,31	1,35	0,28	3,69
Gloria	3,19	8,60	1,36	0,37	2,49

### 2.6.3. Mapa de Uso e Cobertura da Terra

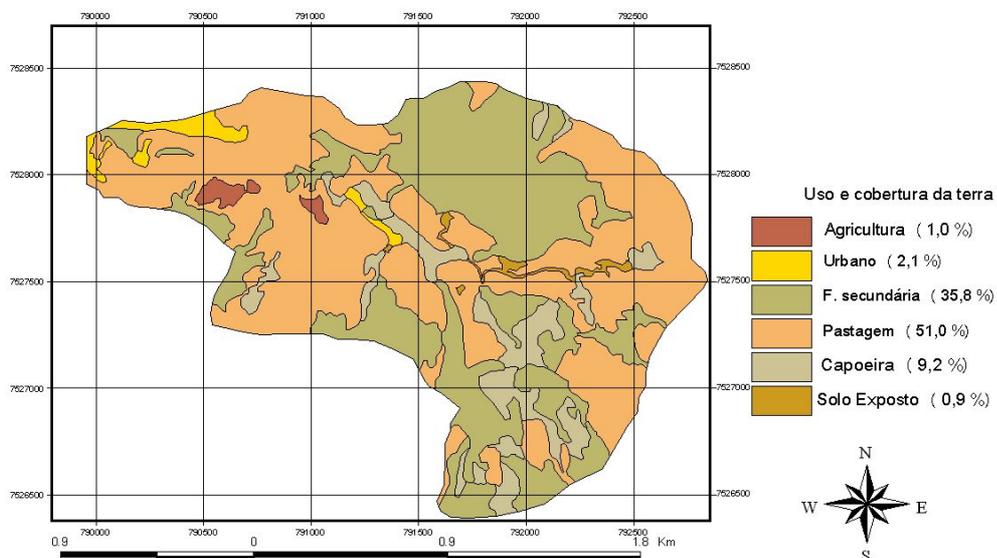
Quanto à cobertura vegetal (Figuras 03 e 04) as microbacias Gloria e Palmital, apresentaram um baixo percentual de áreas ocupadas pela agricultura. Na microbacia Palmital em observações de campo pode-se constatar que as culturas agrícolas eram basicamente aipim

e inham. As culturas agrícolas são produzidas pelos agricultores com práticas simples como o roçado do terreno e o plantio em cova. Na microbacia Gloria as lavouras encontradas foram o aipim e a banana. A banana é plantada após pequena aração do solo. Entretanto, após a implantação do bananal este não é mais arado tendo um período de mais de 20 anos de duração. O aipim é plantado na microbacia Palmital, simplesmente roçando e coveamento para o plantio (Figuras 03 e 04).

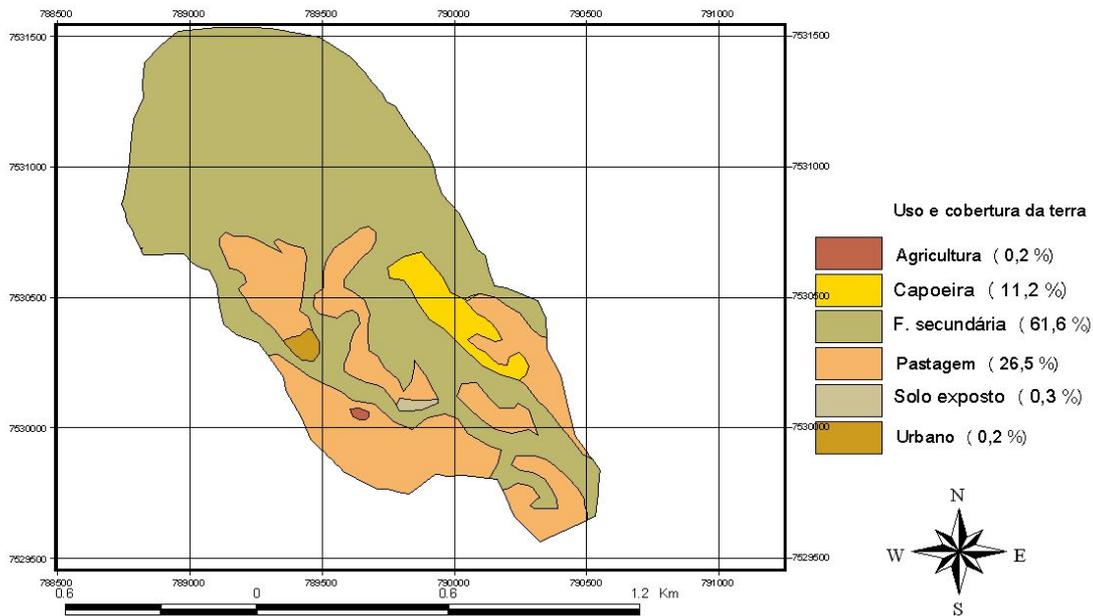
A área de uso urbano na microbacia Gloria foi superior a apresentada na microbacia Palmital. Esta classe compreende basicamente residências e seus respectivos quintais. Na microbacia Palmital esta classe correspondeu a apenas uma casa de veraneio. Já na microbacia Gloria esta classe correspondeu a varias residências, sendo que em todas as casas foi relatado que o esgoto era coletado para a estação de tratamento (Figuras 03 e 04).

A cobertura vegetal por Mata Atlântica na microbacia Gloria foi praticamente a metade do percentual presente na Palmital. Este contraste de cobertura vegetal (pastagem) versus (Mata Atlântica) hipoteticamente tem respostas hidrológicas na qualidade e quantidade da água nas microbacias. Com relação à classe pastagem ocorreu uma inversão, sendo que a microbacia Gloria apresentou praticamente o dobro de área de pastagem representada por pastagem quando comparada a Palmital. As áreas de pastagens nas microbacias Gloria e Palmital foram identificadas como bem manejadas ou com baixa pressão de pastejo, sem sinais aparentes de erosão e utilizadas para o pastoreio de gado visando a produção de leite em sistema de subsistência. Pinto et al. (2005) citam que a pastagem, quando bem manejada, proporciona o recobrimento da superfície do solo durante todo ano, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, quando comparada com culturas agrícolas, que deixam o solo exposto durante o preparo para o plantio (Figuras 03 e 04).

No tocante à capoeira a microbacia Gloria apresentou valor semelhante a Palmital (Figuras 03 e 04); enquanto que percentual de solo exposto na microbacia Gloria apresentou-se superior ao da Palmital. Entretanto, esses valores podem ser considerados baixos, não sendo superiores a 1% do total da área das microbacias. Na microbacia Palmital o uso e cobertura, bem como o manejo do solo, favoreceram a ocorrência de fontes difusas de poluição e produção de sedimentos. O mesmo ocorreu com a microbacia Gloria onde houve dificuldade de definição de fontes pontuais de produção de sedimentos.



**Figura 03:** Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia Gloria.

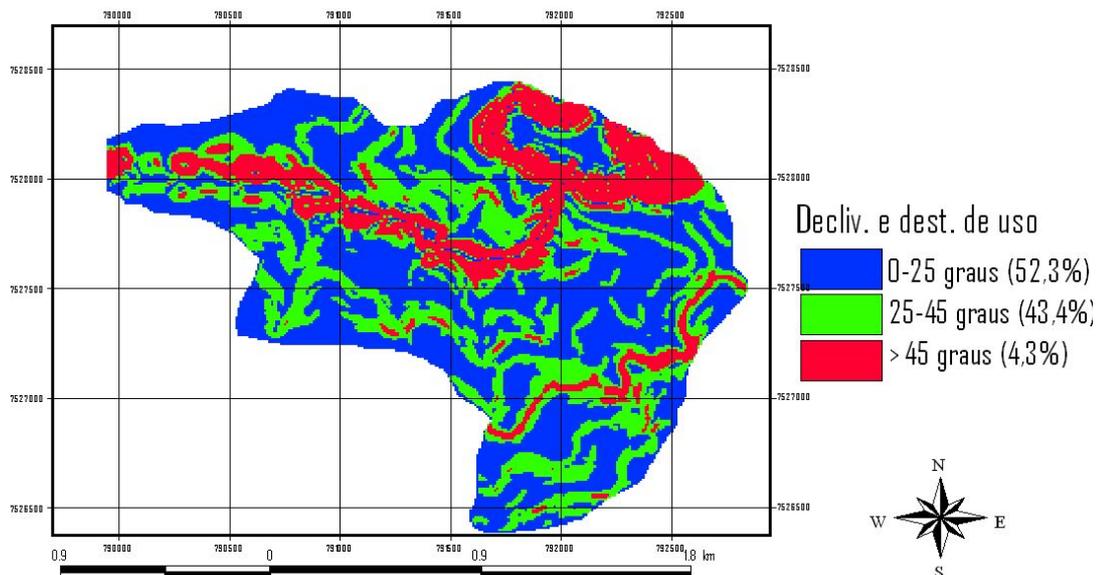


**Figura 04:** Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia Palmital.

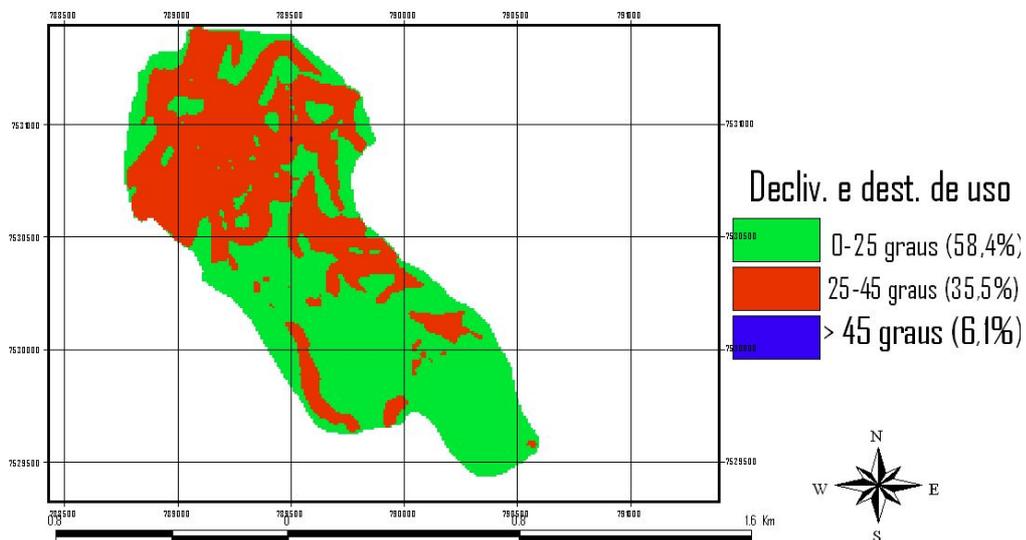
#### 2.6.4. Áreas de Preservação Permanente

As duas microbacias estão inseridas na Área de Proteção Ambiental do Sana e são utilizadas como fonte de captação de água para consumo humano. Cerca de 50% da área foi identificada como sem restrições de uso e possuem uma declividade variando de 0 a 25 %. Uma alternativa de manejo das terras nas microbacias seria o de atividades florestais e/ou agroflorestais, pois as mesmas apresentam bom potencial de uso com base na declividade. Ainda, o quantitativo de áreas com restrição de uso foi pequeno (Figuras 05 e 06).

Atividades florestais podem gerar renda adicional e serviços ambientais, considerando que as microbacias são utilizadas para captação de água. Os sistemas agroflorestais são menos produtivos individualmente que os sistemas convencionais. Por outro lado, os sistemas agroflorestais favorecem a infiltração de água no solo e menor geração de sedimentos na água. Assim, dentro de um sistema de pagamentos por serviços ambientais a conversão de áreas de pastagem em sistemas florestais ou agroflorestais pode ser uma alternativa viável nestas microbacias.

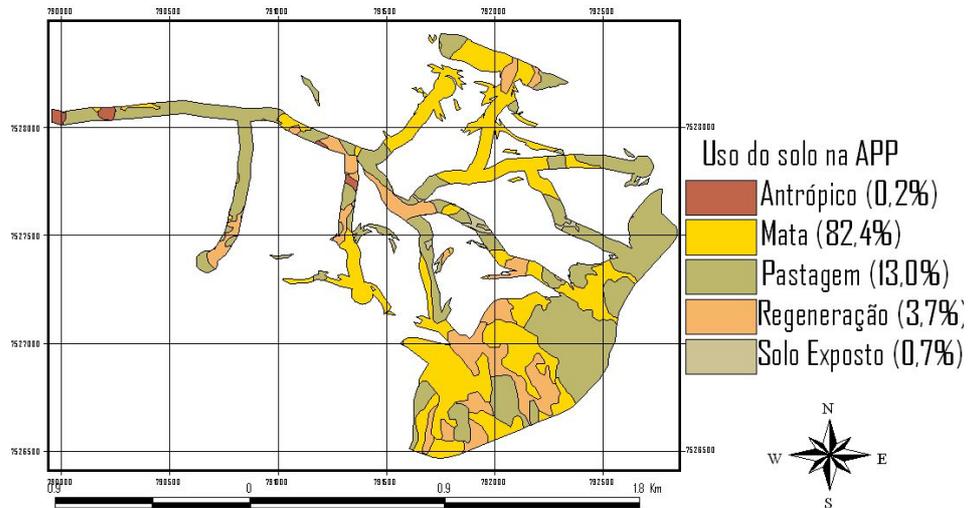


**Figura 05:** Mapa de declividade da microbacia Gloria.

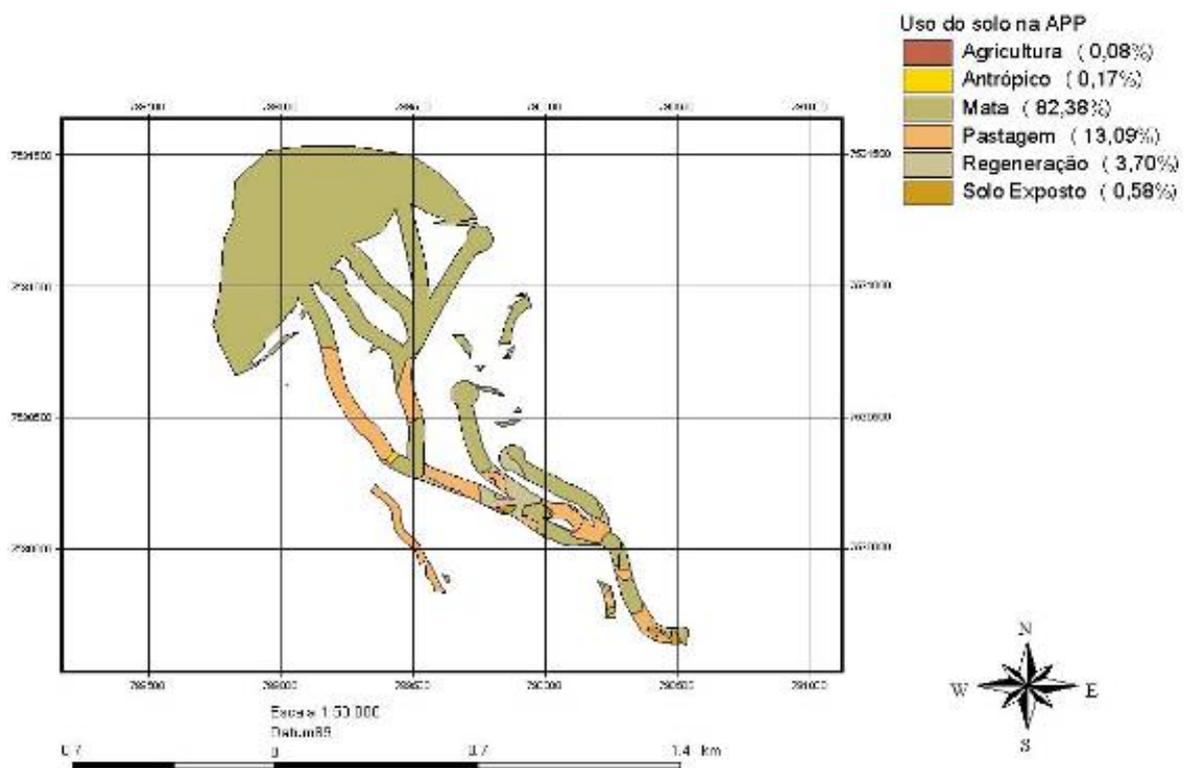


**Figura 06:** Mapa de declividade da microbacia Palmital.

Os mapas de uso das terras mostram que a principal atividade incongruente nas microbacias foi à pastagem. A microbacia Palmital apresentou uso da área de preservação permanente (APP) mais adequado diante do exigido pela legislação ambiental e florestal que o da microbacia Gloria (Figuras 07 e 8).



**Figura 07:** Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) da microbacia Gloria.



**Figura 08:** Mapa de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) da microbacia Palmital.

Para adequação ambiental a microbacia Gloria necessitaria que as áreas de pastagem presentes dentro das APPs fossem reflorestadas. Com prioridade para a faixa ciliar, pelo seu papel na conservação das margens dos rios; os topos de morros, que são responsáveis pela recarga do lençol freático; bem como as nascentes. A mesma atenção deve ser dada a

microbacia Palmital, ainda que está tenha se apresentado com uso mais compatível com o estabelecido pelo Código Florestal.

## 2.6.5. Medição das Perdas de Solo

### a) Declividade das sub-bacias

A microbacia Gloria apresentou declividade média de 24,9 % e os valores de declividade variaram de 19,2 % a 29,0%. A microbacia Palmital apresentou declividade média de 25,55 % e os valores de declividade por sub-bacia variaram de 18,8 % a 33,5 % (Tabela 02). Pode-se observar que a declividade média das duas microbacias não se diferenciou muito. O relevo predominante das microbacias foi do tipo forte-ondulado, onde o manejo dado ao solo tem fortes implicações na turbidez da água. Arcova & Cicco (1999) trabalhando numa microbacia com maior declividade comparada à outra de menor declividade encontraram maiores valores de turbidez na primeira. Observando-se a forte declividade das microbacias percebe-se a necessidade da cobertura vegetal nas microbacias para garantia da qualidade da água captada para abastecimento humano.

**Tabela 02:** Identificação e declividade média das sub-bacias.

Unidades hidrológicas da Gloria	Declividade média (%)	Unidades hidrológicas da Palmital	Declividade média (%)
1	25,6	1	18,8
2	24,6	2	23,4
3	26,3	3	27,6
4	26,1	4	33,5
5	26,4	5	19,4
6	29,0	6	25,2
7	22,3	7	30,7
8	19,22	-	-

### b) Classes de solo e erodibilidade

A classe de solo de maior percentual na microbacia Gloria e Palmital foi o Cambissolo Háplico. Os solos enquadrados como Cambissolos Háplicos observados nas microbacias são solos rasos, com horizonte B incipiente e de textura franco arenosa. Esta classe de solo ocorreu no terço médio e superior das microbacias. Embora seja um solo raso, o que não favorece o processo de infiltração, seu perfil não apresenta um horizonte B argiloso ou gradiente textural o que reduz a erodibilidade do solo (Tabela 03). Mannigel et al. (2002) utilizando a mesma metodologia de determinação da erodibilidade que a de estudo encontraram valores de erodibilidade do solo baixos, de  $0,0186 \text{ t.h.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ , comparáveis aos valores encontrados neste estudo.

Os Latossolos são solos com avançado estado de intemperização e muito evoluídos. Estes solos são virtualmente destituídos de minerais primários facilmente intemperizáveis. O Latossolo Amarelo foi observado na microbacia Gloria, constituindo porém a classe de menor expressão. Esta classe de solo tem perfis profundos e com boa condição de drenagem, o que explica a sua menor erodibilidade, dentre as classes de solo nas microbacias (Tabela 03).

Os Neossolos compreendem solos constituídos por materiais com pequena expressão dos processos pedogenéticos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário. O baixo grau de transformação desses solos é devido às características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, ou do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (Embrapa, 2006). Esta classe de solo

foi observada nas microbacias junto às linhas de drenagem e apresentou textura franco-arenosa. Sua localização, os perfis rasos e a granulometria tornam estes solos de grande potencial de erosão, o que é corroborado com os maiores valores de erodibilidade do solo encontrados (Tabela 03).

Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como característica diagnóstica principal a presença de argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial (Embrapa, 2006). A classe de menor expressão na microbacia Palmital foi a do Argissolo Amarelo, que ocorreu no terço superior da microbacia. Esse solo apresentou um horizonte Bt de textura argilosa, que, na ausência de cobertura vegetal, propícia uma camada de impedimento ou redução da infiltração de água aumento a erodibilidade do solo (Tabela 03).

Segundo Lal (1988), a erodibilidade do solo é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo à desagregação de partículas e o transporte subsequente. Esses processos são influenciados pelas propriedades do solo, assim como a distribuição do tamanho de suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos. Além desses, são considerados parâmetros de solo que afetam a sua estrutura e a hidratação e as características da circulação da água, afetam a erodibilidade do solo. Segundo Silva et al. (2004) a erodibilidade do solo é baixa quando menor que 0,15. De forma geral a erodibilidade dos solos nas microbacias Gloria e Palmital foi definida como baixa, conforme se observa pelos valores de k na Tabela 03.

**Tabela 03:** Erodibilidade do solo (k) e distribuição das classes de solo (%).

<b>Erodibilidade do solo (<math>t.ha.h\ há^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}</math>)</b>			
Classe de solo	Gloria (k)	Classe de solo	Palmital (k)
Cambissolo Háplico	0,0343	Cambissolo Háplico	0,0300
Latossolo Amarelo	0,0166	Neossolo Flúvico	0,055
Neossolo Flúvico	0,1322	Argissolo Amarelo	0,0249
<b>Distribuição das classes de solo</b>			
Classe de solo	Gloria (%)	Classe de solo	Palmital (%)
Cambissolo Háplico	69,78	Cambissolo Háplico	49,62
Latossolo Amarelo	20,52	Neossolo Flúvico	31,12
Neossolo Flúvico	9,70	Argissolo Amarelo	19,26

### c) Comprimento de rampa e declividade

A microbacia Gloria apresentou um valor médio do fator LS de 16,25 e quanto aos valores por sub-bacia estes variaram de 11,48 a 18,99. Já a microbacia Palmital, esta apresentou valor médio do fator LS, de 11,03, e em relação aos valores por sub-bacia estes variaram de 9,04 a 15,02 (Tabela 04).

**Tabela 04:** Valores do fator comprimento de rampa e declive (LS) por sub-bacia.

Sub-bacias da Gloria	LS	Unidades hidrológicas da Palmital	LS
1	17,41	1	9,87
2	16,19	2	7,27
3	15,02	3	15,02
4	17,99	4	12,03
5	17,51	5	9,04
6	18,99	6	11,19
7	11,48	7	12,79
8	15,47		

#### d) Fator CP

Quanto aos tipos de cobertura, o maior valor de CP estimado foi para o uso antrópico e solo exposto, com CP de 1,000. Já o segundo maior CP estimado foi associado à agricultura com um CP de 0,2. A classe pastagem apresentou um CP de 0,02, enquanto as coberturas de mata ou bosque e também as de macega ou capoeira apresentaram o menor valor de CP estimado, igual a 0,0002 (Tabela 05).

**Tabela 05:** Valor de CP para as diferentes coberturas vegetais e formas de manejo das microbacias.

Prática/cobertura	Valor do CP estimado
Urbano	1,0
Solo Exposto	1,0
Agricultura	0,2
Pastagem	0,02
Mata ou bosque	0,0002
Macega ou Capoeira	0,0002

#### e) Perda de solo pela EUPS

Considerando os resultados de perda de solo da microbacia Palmital, observou-se que 97,5% da erosão laminar enquadraram-se nas classes nenhuma ou ligeira, demonstrando o baixo potencial de produção de sedimentos nessa microbacia. Em relação a Gloria, observou-se que apesar do seu percentual menor de erosão, esta também se classificou nas categorias de nenhuma ou ligeira erosão, ou seja, com a mesma tendência da microbacia Palmital. Este fato está de acordo com o modelo utilizado, pois ela apresentou um baixo potencial de produção de sedimentos (Tabela 06 e Figura 10).

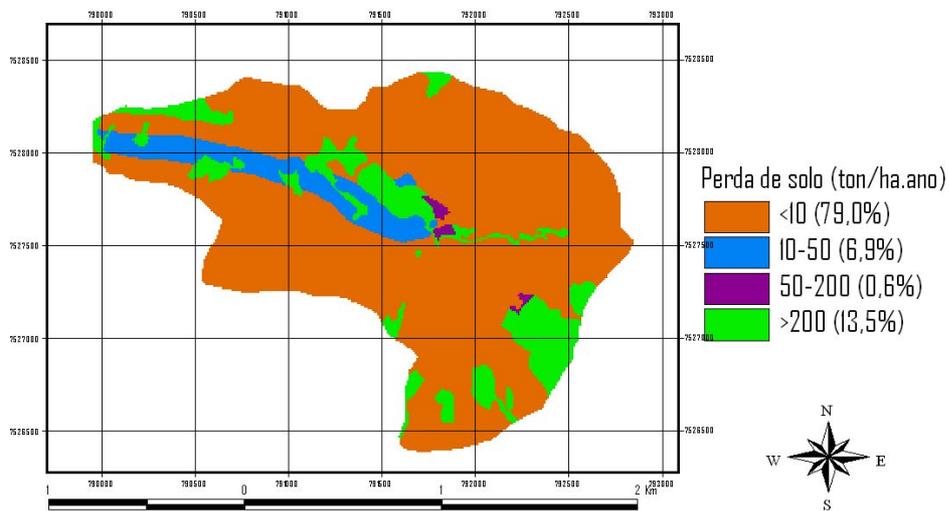
Tavares et al. (2003), trabalhando em microbacia utilizada para abastecimento público, observaram que 44% da área apresentavam valores de perda de solo na faixa de 0-8 t/ha.ano e em 30% da área os valores foram superiores a 80 t/ha.ano. Paranhos Filho et al. (2003), avaliando a perda de solo em uma microbacia, cuja área era de 33% de mata e de 63% de agricultura, encontraram uma perda média de 8,65 t/ha.ano.

A classe com maior percentual de potencial natural de erosão na microbacia Gloria foi identificada como a de muito alto potencial, representando 86 % da área total da microbacia (Figuras 11 e 12). A classe de muito alto potencial natural de erosão também ocorreu em maior percentual na microbacia Palmital. Bueno & Stein (2004) observaram que os resultados

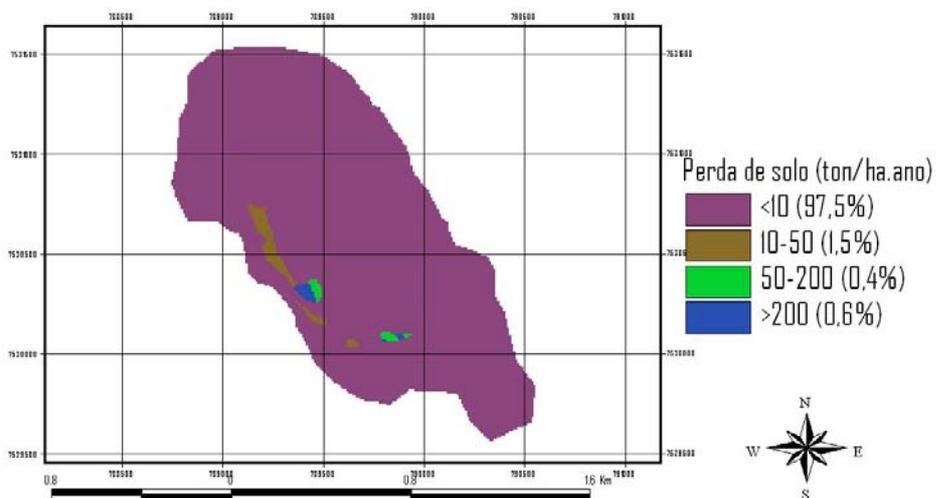
do potencial natural de erosão destacam a perfeita interação existente entre o solo e o relevo no condicionamento do nível do potencial natural de erosão, isto reflete o estreito controle exercido pela erodibilidade (K) e pelo fator topográfico (LS), sendo o ultimo mais efetivo devido à declividade (D).

**Tabela 06:** Classificação do grau de erosão hídrica (FAO, 1967) e perda de solos das microbacias Gloria e Palmital.

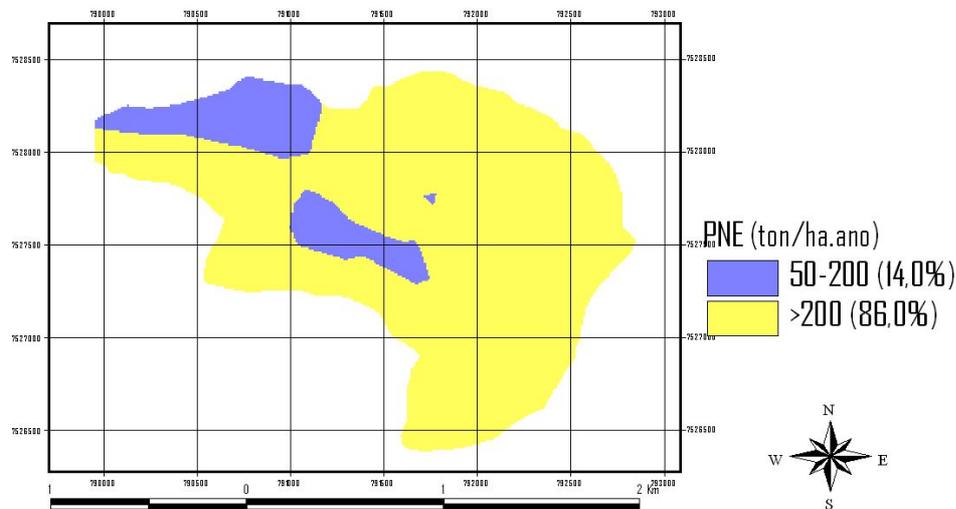
Grau de Erosão Hídrica	
Perda de solo (t/ha.ano)	Grau de erosão
< 10	Nenhuma ou ligeira
10-50	Moderada
50-200	Alta
>200	Muito alta



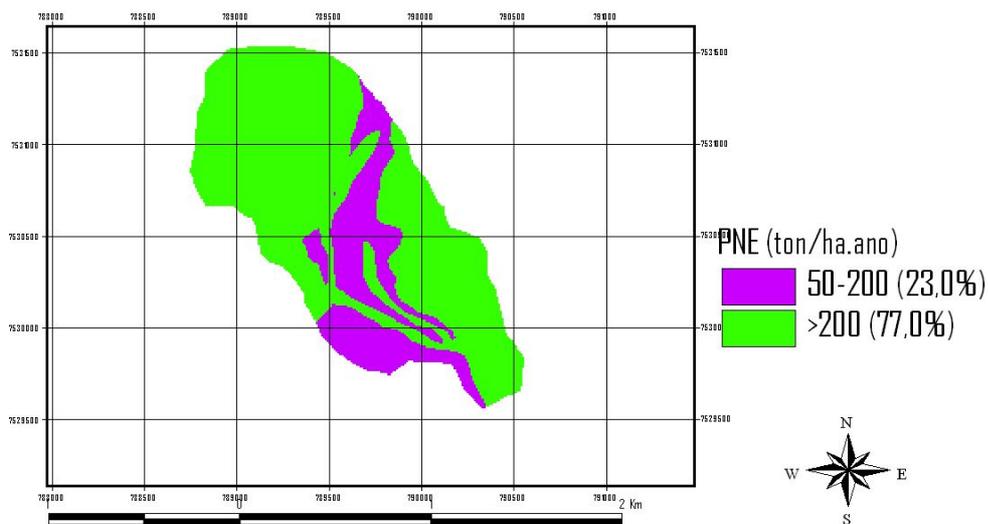
**Figura 09:** Mapa de perda de solo na microbacia Gloria.



**Figura 10:** Mapa de perda de solo na microbacia Palmital.



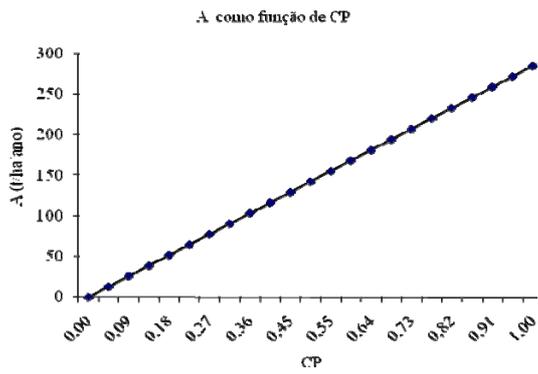
**Figura 11:** Potencial natural de erosão da microbacia Gloria.



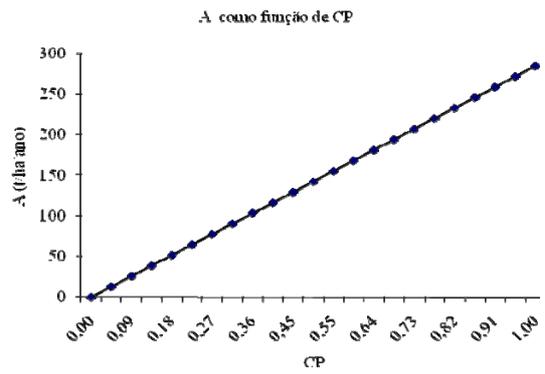
**Figura 12:** Potencial natural de erosão da microbacia Palmital.

Ao comparar o potencial natural de erosão da microbacia Gloria com a Palmital observou-se que a primeira apresentou maior potencial natural de erosão. Os fatores declividade e comprimento de rampa e a erodibilidade da microbacia Gloria foram superiores aos da Palmital, resultando em maior potencial natural de erosão (Figuras 11 e 12). Ou seja, a microbacia Gloria foi potencialmente mais suscetível quanto à produção de sedimentos.

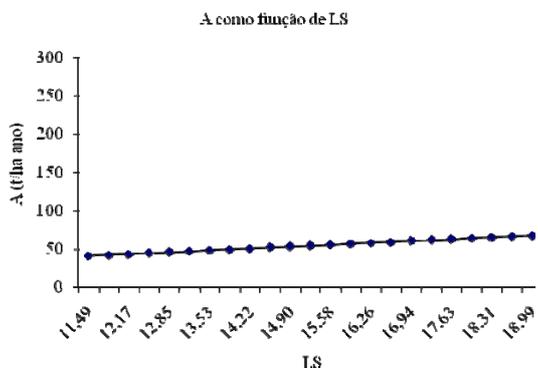
Quanto à análise de sensibilidade o fator que mais afetou a estimativa de perda de solo, em ambas as microbacias, foi o CP, com uma faixa de 0 a 300 toneladas/hectare/ano (Figura 13). Weill & Sparovek (2008) observaram o mesmo resultado em análise de sensibilidade dos fatores da EUPS, onde o fator CP definiu a ordem de grandeza das perdas estimadas pelo modelo. O programa produtor de água adota a EUPS como método para quantificar a erosão na microbacia assim como os benefícios de uso de práticas conservacionistas.



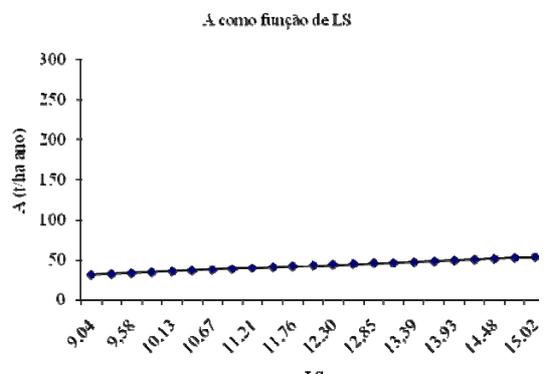
Gloria



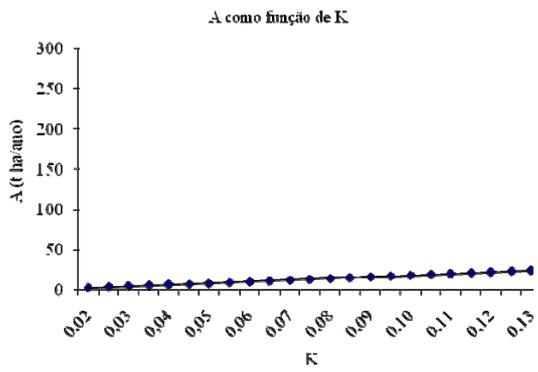
Palmital



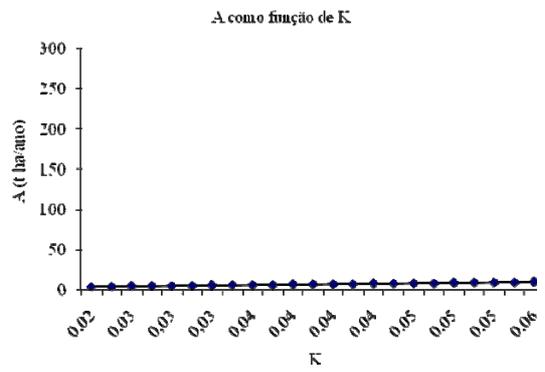
Gloria



Palmital



Gloria



Palmital

Figura 13: Análise de sensibilidade dos fatores da EUPS.

## 2.7. CONCLUSÕES

As duas microbacias apresentaram características fisiográficas semelhantes e que favoreceram a um maior tempo de concentração da água nas microbacias. Os resultados mostram que para formular um plano de manejo das microbacias Gloria e Palmital deve-se dar prioridade ao reflorestamento das áreas de pastagem, pois é o principal uso do solo e de incongruência.

As microbacias apresentaram baixo percentual de uso do solo com alto potencial de degradação da qualidade da água para abastecimento público, tanto na área de preservação permanente como em toda a área das microbacias.

As microbacias avaliadas apresentam uma pequena perda de solo refletindo a boa cobertura por floresta ou reduzida pressão de uso das pastagens, influenciando favoravelmente o fator CP. De acordo com análise de sensibilidade o fator CP foi o que mais influenciou a estimativa de perda de solo.

As maiores estimativas do potencial natural de erosão ocorreram, principalmente, junto às linhas de drenagem. A microbacia Gloria, de forma geral, apresentou um maior potencial natural de erosão que a Palmital.

### **3. CAPÍTULO II**

## **QUALIDADE E QUANTIDADE DE ÁGUA EM DUAS MICROBACIAS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MATA ATLÂNTICA**

### 3.1. RESUMO

O objetivo geral deste estudo foi monitorar e avaliar a quantidade e a qualidade da água e relacionar com o uso e ocupação do solo de duas microbacias utilizadas para captação de água com diferentes percentuais de cobertura de Mata Atlântica. As microbacias Glória e Palmital estão situadas na Área de Proteção Ambiental (APA) do Sana no município de Macaé-RJ. A qualidade de água foi monitorada em duas fases, com coletas mensais na primeira fase e diariamente na segunda. A quantidade de água foi monitorada diariamente através de um vertedor instalado no exutório das microbacias. Os indicadores de qualidade de água avaliados mensalmente não mostraram diferenças entre as microbacias. No entanto, obteve-se boa correlação dos dados com os das estações climáticas, mostrada pela análise de componentes principais. De forma geral, os hidrogramas das microbacias Palmital e Gloria apresentaram padrão hidrológico semelhante. Quanto à regularização de vazão de água, a microbacia Palmital apresentou maior vazão ao longo do ano que a Gloria. Os valores de sólidos totais apresentaram pequena correlação com a vazão, o que evidencia que os sólidos totais não são predominantemente gerados pelo processo erosivo do solo. Este fato reflete a resiliência das microbacias. Os valores de sólidos totais ficaram abaixo do limite da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, enquadrando a água como de boa qualidade. A turbidez foi maior na microbacia Gloria, quando comparada a microbacia Palmital, portanto este indicador pode ser adequado para valorar os serviços ambientais prestados. A produção de sedimentos na microbacia Gloria foi quatro vezes maior que na Palmital, embora este indicador tenha apresentado baixa correlação com a vazão de água.

**Palavras chave:** Abastecimento público. Indicadores de qualidade de água. Manejo de bacias de captação.

### 3.2. ABSTRACT

The general objective of this study was to monitor and to evaluate the water quantity and quality, and relates them to the land usage and occupation of two environmental microbasins, used as source of water, which had different percentages of Atlantic Forest coverage. The watersheds Glória and Palmital are located in the Area of Permanent Preservation (APA) of Sana, in Macaé municipality, Rio de Janeiro State, Brazil. The water quality was monitored in two phases, with monthly sampled water in the first and daily in the second phase. The amount of water was monitored daily using a vertex device, installed on the watershed exutory. The water quality indexes assessed monthly showed no differences between the watersheds. However, it was obtained a good correlation of the data with the climatic stations, as revealed by the main component analysis. In general, the hydrograms of the watersheds Palmital and Gloria showed similar hydrologic patterns. As for the regularization of water flow, the watershed Palmital showed greater flow during the year than the Gloria. The total solids values showed small correlation with the water flow, which shows that the total solids are not dominantly generated by the soil erosion processes. The total solids values were below the limit established in the regulation 518/04 of the Brazilian Ministry of Health, thus the water was qualified as of good quality. The turbidity value was higher in the watershed Gloria when compared to Palmital, indicating that the turbidity might be an adequate indicator of environmental services provided. The sediment production in the watershed Gloria was four times higher than in Palmital, although this indicator showed small correlation with the water flow.

**Keywords:** Public supply. Water quality indexes. Catch basins management.

### 3.3. INTRODUÇÃO

A cobertura florestal em uma bacia hidrográfica contribui decisivamente para regularizar a vazão dos cursos de água, aumentar a capacidade de armazenamento nas microbacias, reduzir a erosão, diminuir os impactos das inundações e manter a qualidade da água. Além dessas contribuições hidrológicas, as florestas propiciam conservação da biodiversidade, alternativas econômicas de exploração sustentável da biota, educação e pesquisa científica, desfrute de belezas cênicas, turismo e lazer, e até contribuição para a redução do efeito estufa, através da captura do carbono atmosférico (Braga, 2005).

A microbacia hidrográfica, como unidade de estudo, tem proporcionado à percepção das diferenças nas concentrações e tipos de poluentes nas distintas formas de ocupação e manejo do solo. A qualidade de água está relacionada ao tipo de uso e envolve a avaliação de suas condições físicas, químicas e biológicas, relacionando-se à sua potencialidade, quanto causar dano à saúde humana e ao sistema aquático. As fontes de contaminação dos mananciais aquáticos podem ser pontuais ou difusas: as primeiras são aquelas que podem ser identificadas, tratadas e controladas, como esgoto doméstico e águas residuárias industriais e de animais criados de forma intensiva, enquanto as difusas resultam de um grande número de pontuais individuais, sendo de difícil controle (Gonçalves et al., 2005).

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. Cada corpo hídrico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste aspecto, o uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (Toledo & Nicolella., 2002).

O objetivo geral deste estudo foi monitorar e avaliar a quantidade e a qualidade da água e relacionar com o uso e ocupação do solo de duas microbacias, Glória e Palmital, utilizadas para captação de água com diferentes percentuais de Mata Atlântica na APA do Sana em Macaé (RJ). Os objetivos específicos foram: monitorar a vazão pelo período de 1 ano e correlaciona-los a precipitação e a cobertura da terra das microbacias; e analisar a qualidade de água em duas fases distintas e avaliar a influencia do percentual de Mata Atlântica nas microbacias.

### 3.4. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.4.1. Qualidade de Água em Microbacias Florestais

Padrões de qualidade da água são valores limites admissíveis dos indicadores selecionados, fixados a partir de usos múltiplos do recurso hídrico, tais como abastecimento urbano e industrial, recreação, preservação de mananciais, irrigação assim como, do tipo de tratamento que a água receberá antes de sua utilização. Os limites para a presença de determinadas substâncias de origem antrópica na água tem, por objetivo, a proteção da saúde pública e a proteção, ou mesmo recuperação, dos ecossistemas. A qualidade da água dos corpos hídricos pode ser avaliada em função de indicadores físicos, químicos e biológicos ou ecotoxicológicos. Os indicadores físicos mensuram as características organolépticas da água: cor, odor, turbidez, temperatura, e são mais aplicados à água destinada ao abastecimento, pré e pós-tratamento. Os indicadores químicos e bioquímicos derivam de testes de medição da presença de elementos químicos e organismos patogênicos na água (Kiely, 1998).

A água ao mover-se pelos diferentes compartimentos de uma microbacia tem sua qualidade alterada que pode ser consequência de alteração nas condições da microbacia hidrográfica (Arcova & Cicco, 1999; Hatch, 1976). A água proveniente de microbacias em regiões de florestas não perturbadas é, em geral, de boa qualidade e com baixa concentração de nutrientes dissolvidos e sedimentos em suspensão (O'Loughlin, 1994).

A água da chuva, após entrar em contato com o dossel da floresta tem suas características físicas e químicas alteradas, pela lixiviação dos metabólitos dos tecidos das folhas, ramos e troncos e também pela lavagem das partículas provenientes da deposição seca, que acumulam após períodos de estiagem, sendo que a lixiviação é mais intensa nas espécies folhosas que nas coníferas. A proximidade do mar aumenta as concentrações de sódio, cloro, magnésio e potássio presentes na água. Por outro lado, onde há predomínio de atividades do uso do solo, a tendência é encontrar maiores concentrações de cálcio, fósforo e nitrato, e as proximidades de áreas industriais contribuem para o acúmulo de  $\text{NO}_2$  (Oki, 2002).

As florestas desempenham um papel fundamental no recebimento e distribuição da água das chuvas nas microbacias, uma vez que amenizam o impacto das gotas de chuva e promovem maior capacidade de infiltração. Isto ocorre através da deposição de serrapilheira e de uma melhor estruturação do solo (Silva et al., 2004). Desta forma, a ausência da cobertura florestal promove alteração na capacidade de infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial e favorecendo a lixiviação de nutrientes e a erosão dos solos. Como consequência, tem-se um aumento na quantidade de sólidos em suspensão, aumentando a turbidez da água e ocasionando o assoreamento dos cursos d'água (Mendes & Zotteli, 2001).

A concentração de nutrientes na água do deflúvio também apresenta certa sazonalidade, sendo que amostras coletadas sob condições de longo período de estiagem tendem a apresentar maiores concentrações de nutrientes se comparadas com as coletadas em épocas chuvosas (Oki, 2002). Arcova et al. (1985) observou que os maiores picos de nutrientes foram verificados após períodos de seca, devido ao maior acúmulo de aerossóis na atmosfera, que são lavados pela chuva ocasionando tais picos.

O conhecimento da alteração da qualidade de água de uma microbacia frente às flutuações de vazão é de grande importância, não somente para estações de tratamento, que nos períodos chuvosos tratam água de pior qualidade, mas também para registrar o comportamento de um rio numa determinada época refletindo as condições ambientais de sua bacia hidrográfica (Fritzons et al., 2003).

Para Sperling (1996), a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo em toda a bacia hidrográfica, e os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. As características físicas podem ser os sólidos (totais, dissolvidos e suspensos) e a turbidez presentes na água. A parte química pode ser interpretada através de materiais orgânicos e químicos presentes na água e são determinadas pelas condições climáticas, geomorfológicas, geoquímicas e biológicas existentes na bacia de drenagem (Gastaldini & Mendonça, 2003).

### 3.4.2. Atributos Físicos e Químicos

A alcalinidade é uma medida da capacidade da água de neutralizar ácidos, ou, em outras palavras, de absorver íons  $H^+$  sem mudanças no pH. É um parâmetro de qualidade de água bastante significativo para aferir usos bem como tratamento de água. Pelo fato de, para a maioria das águas superficiais, a alcalinidade resulta da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos a sua medição possibilitam a inferência da concentração destes constituintes. Outros componentes eventualmente presentes na água podem, também, contribuir para a alcalinidade, tais como boratos, silicatos e fosfatos (Turk & Adams, 1983). Como parâmetro de qualidade de água, a dureza é de difícil definição. O termo, em geral, é aplicado à capacidade de neutralizar sabão que a água apresenta. Qualquer substância que tenha esta propriedade pode conferir dureza à água. Todavia na maioria dos casos, as águas naturais têm sua dureza conferida pela presença de cálcio e magnésio, sendo os demais cátions em quantidades insignificantes. A dureza pode ser temporária, é causada por bicarbonatos solúveis, formados quando a água da chuva, contendo  $CO_2$  em solução, infiltra-se em rochas calcárias, ou permanente quando é formada por sulfatos e cloretos de Ca e Mg (Lima, 2003).

O cloreto é um dos íons presentes em maior quantidade em água potável e esgotos (UFRRJ, 2001). Os cloretos de metais alcalinos, alcalinos terrosos e de ferro são extremamente solúveis e por isso, esses são os veículos preferenciais do íon cloreto. O cloreto nos esgotos, provém de dieta humana e animal, sendo, o íon cloreto é examinado em águas como indicador de poluição animal.

O termo sólidos totais é amplamente usado para a maioria dos compostos presentes na água e que permanecem em estado sólidos após evaporação. O tipo e concentração de matéria em suspensão (silte, argila, partículas finas de matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton, e outros organismos microscópios) controlam a turbidez e a transparência da água (Gastaldini & Mendonça, 2003).

O pH é uma função da atividade dos íons de  $H^+$  e os íons de  $OH^-$  em solução, e regula numerosos processos fisiológicos que envolvem animais e vegetais e reações físico-químicas do ambiente. As águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, sendo esta faixa a ideal para a manutenção da vida aquática (Libânio, 2005).

O ferro é um elemento micronutriente e tem a sua origem na dissolução de compostos de rochas e solos, sendo um elemento abundante é encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas. A concentração de ferro no meio aquático depende de vários fatores ambientais, sendo o pH, a temperatura e o potencial redox os mais importantes. O ferro está relacionado a geopedologia estando na forma de sesquióxidos de ferro. Com a falta de conservação dos solos, processos erosivos acentuados e assoreamento dos mananciais tendem a aumentar a concentração deste elemento nos corpos d'água (Esteves, 1998).

As causas da turbidez são substâncias ou organismos em suspensão, tais como microorganismos, detritos orgânicos, argilas e matéria orgânica. É um parâmetro importante no processo convencional de tratamento das águas, isto porque, define a quantidade de coagulante a ser adicionado no processo de purificação a ser adotado. São consideradas

passíveis de tratamento águas com turbidez variável e convenientes águas com turbidez virtualmente ausente (Branco & Rocha, 1977).

### **3.4.3. Metais Pesados como Indicadores**

Diversos elementos identificados como metais pesados podem indicar limitações a potabilidade das águas, alguns deles são abordados a seguir.

O cobre ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a  $20 \mu\text{g.L}^{-1}$ . As fontes de cobre para o meio ambiente incluem a corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamentos de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida, e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2003).

O chumbo pode ser adicionado em quantidades poluentes na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das industriais de acumuladores (baterias), mas também pode ser oriundo da precipitação atmosférica e das emissões da descarga de veículos (CETESB, 2003).

A presença de zinco é comum em águas naturais, excedendo em levantamento nos EUA  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  em 95 dos 135 mananciais pesquisados. Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de  $0,001$  a  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  (CETESB, 2003).

O cádmio está presente em águas doces em concentrações traços, geralmente inferiores a  $\mu\text{g/L}$ . É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar (CETESB, 2003).

De acordo com Jolly et al. (1996) a qualidade da água superficial e subsuperficial são bons indicadores, respectivamente, de tendência e de condição (estado atual) de uma microbacia. Esses autores abordam um fator fundamental na avaliação da qualidade da água que é a grande variação temporalmente e espacialmente da vazão. As concentrações de sais, sedimentos, nutrientes e outros produtos químicos e biológicos, são dependentes das condições de vazão, sendo isto de crucial importância, tendo em vista que essas variáveis são largamente utilizadas para a avaliação da qualidade da água.

### 3.5. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.5.1. Monitoramento da Qualidade e Quantidade de Água

A coleta de amostras de água foi realizada em duas fases distintas. A primeira consistiu no monitoramento mensal (três amostras por mês) por um período de 1 ano (janeiro a dezembro de 2007), sendo avaliados os seguintes indicadores de qualidade de água: turbidez, sólidos totais, nitrogênio orgânico, alcalinidade, dureza, pH, nitrogênio total, Fe, K, Na, Pb, Cd, Ni, Zn e Cu. As amostras foram analisadas no laboratório de análise de água do Instituto de Tecnologia e no Departamento de Solos no Instituto de Agronomia, ambos da UFRRJ. Todas as análises seguiram metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWW, APHA, WPCI, 1998).

Na segunda etapa (janeiro a dezembro de 2008) foram selecionados a turbidez e os teores de sólidos totais como indicadores ambientais e as amostras foram coletadas diariamente. A medição da vazão foi feita por meio de vertedor retangular, com leitura em régua graduada, diariamente no período de janeiro a dezembro de 2008. A precipitação foi monitorada diariamente no mesmo período, com auxílio de três pluviômetros localizados em pontos equidistantes nas microbacias.

A fórmula de cálculo de vazão utilizada foi a de Francis, descrita em Azevedo Neto (1973), para vertedores com contrações laterais:

$$Q = 1,838.(L-0,2.H)H^{3/2} \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s

L = largura do vertedor

H = altura ou cota da régua de leitura do vertedor

A produção de sedimentos foi calculada de acordo com a fórmula descrita em Ranzinni & Lima (2002):

$$F_n \text{ (kg/ha/t)} = D \text{ (mm)} \cdot C_n \text{ (mg/L)} \cdot 0,01/t \quad (6)$$

Sendo:

F<sub>n</sub> = Fluxo de sedimentos em kg por ha por tempo

D = Valores de deflúvio em mm

C<sub>n</sub> = concentração de sedimentos na água do deflúvio em mg/L

t = tempo decorrido (diário, mensal, anual)

#### 3.5.2. Análise Estatística dos Dados de Qualidade e Quantidade

Foi realizado teste de média pelo método Scott Knott para os indicadores de qualidade de água e a correlação de Pearson (r) para a precipitação, referente a primeira etapa de monitoramento. Estes mesmos indicadores foram submetidos a uma análise de componentes principais pelo programa estatístico XLStat versão 7.5, no intuito de avaliar a extensão dos relacionamentos entre estes indicadores. Na segunda etapa, foi utilizado o método de correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância, aplicado aos dados de precipitação, vazão específica e os indicadores de qualidade de água.

### 3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.6.1. Qualidade e Quantidade de Água nas Microbacias - Monitoramento da Qualidade da Água (Mensal)

##### a) Características físicas e químicas da água

A precipitação no período de janeiro-dezembro de 2007 decresceu do verão até o inverno, estação com a menor precipitação, e os valores foram diferentes significativamente. Entretanto as estações verão, outono e primavera foram semelhantes (Tabela 07 e Anexo 02)

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) os limites de potabilidade dos seguintes padrões de qualidade de água são: alcalinidade  $30 \text{ mg.L}^{-1}$  e a dureza  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os valores de alcalinidade e de dureza observados na água das microbacias enquadraram-se nos padrões de qualidade da OMS e não apresentaram diferença estatística entre as microbacias. A correlação da alcalinidade e da dureza com a precipitação foi negativa e significativa (Tabela 07 e Anexo 02).

De acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA os limites da classe I estabelecidos de qualidade de água são: cloreto ( $250 \text{ mg.L}^{-1}$ ), matéria orgânica ( $6 \text{ mg.L}^{-1}$ ), pH (6 a 9) e sulfato ( $250 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Os valores para cloreto, matéria orgânica e sulfato na água das microbacias ficaram dentro dos limites permitidos pela Resolução do CONAMA. O valor de pH enquadrou-se dentro do limite em duas estações e ficou fora do limite permitido em outras duas, para ambas microbacias. Estes indicadores de qualidade de água não apresentaram diferença estatística entre as microbacias. O valor de cloreto na água apresentou correlação negativa e significativa com os dados de precipitação. O valor de matéria orgânica na água da microbacia Palmital apresentou correlação negativa e significativa com os dados de precipitação. Os valores de pH e sulfato na água não apresentaram correlação com os dados de precipitação (Tabela 07 e Anexo 02).

Os dados de turbidez e de sólidos totais da água (Tabelas 08 e 09), coletados uma vez por mês, não apresentaram diferença significativa entre as microbacias. Os valores de turbidez e dos sólidos totais ficaram dentro dos limites de potabilidade segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, cuja resolução define os limites de 5 NTU para turbidez e de 500 mg/L para sólidos totais. A correlação entre os valores de turbidez e de sólidos totais da água apresentou coeficientes significativos com os dados de precipitação. Os resultados indicam que a amostragem, na forma de apenas uma coleta mensal, não foi suficiente para representar a variabilidade destes indicadores de qualidade de água. Sendo recomendada maior frequência de amostragem.

**Tabela 07:** Precipitação média por estação climática e teores de alcalinidade, cloreto, dureza, matéria orgânica, pH e sulfato da água das microbacias Palmital e Gloria.

Variável / Microbacias	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Precipitação (mm) (cv = 75%)	69,85a	60,13a	15,37b	81,97a
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 60,2%)				
Gloria	19,00a	23,33a	26,00a	21,33a
Palmital	18,00a	22,33a	30,00a	23,33a
Cloreto (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 81,1%)				
Gloria	71,67a	50,06a	96,71a	208,21b
Palmital	26,16a	51,38a	85,33a	53,47a
Dureza (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 12,2%)				
Gloria	6,6a	7,93a	9,58a	9,91a
Palmital	5,61a	6,16a	8,59a	9,91a
M. orgânica (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 24,9%)				
Gloria	2,00a	2,39a	1,87a	3,36a
Palmital	4,65a	2,00a	2,07a	3,49a
pH (cv = 26,3%)				
Gloria	5,77a	5,70a	7,33a	7,36a
Palmital	5,89a	5,88a	7,43a	7,33a
Sulfato (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 26,3%)				
Gloria	1,91a	1,95a	0,61a	0,22a
Palmital	2,54a	2,17a	0,56a	0,17a

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença estatística entre as microbacias na mesma estação ao nível de 5 % pelo teste Scott-Knott.

**Tabela 08:** Coeficientes de correlação de parâmetros de qualidade de água entre as microbacias com a precipitação pluviométrica.

Variável	Palmital	Gloria
Alcalinidade	-0,49 **	- 0,39 **
Cloreto	- 0,33 **	- 0,25 **
Dureza	- 0,34 **	- 0,42 **
Matéria orgânica	0,39 **	n.s.
pH	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	n.s.

(n.s. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )

**Tabela 09:** Turbidez da água (NTU) e sólidos totais (mg.L<sup>-1</sup>) das microbacias da Gloria e Palmital entre estação e entre microbacias.

Turbidez (NTU) (cv = 15,54%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	4,45a	4,71a	3,65a	3,87a
Palmital	1,97a	1,39a	1,89a	1,19a
S. totais (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 34,56%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	10,28a	5,14a	2,68a	3,17a
Palmital	10,04a	4,54a	2,00a	2,97a

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença estatística entre as microbacias na mesma estação ao nível de 5 % pelo teste Scott-Knott.

**Tabela 10:** Correlação de sólidos totais e turbidez com a precipitação.

Sólidos totais com a precipitação		
Estação climática	Gloria	Palmital
Verão	0,22 **	0,22 **
Outono	0,40 **	0,38 **
Inverno	0,84 **	0,88 **
Primavera	0,95 **	0,56 **
Turbidez com a precipitação		
Verão	0,96 **	0,60 **
Outono	0,85 **	0,99 **
Inverno	0,64 **	0,89 **
Primavera	0,47 **	0,85 **

(n.s. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )

### b) Teores de metais pesados

Não foi observada diferença significativa dos teores de metais pesados na água entre as microbacias, para uma mesma estação climática. Os teores dos elementos: cobre, chumbo, zinco e manganês apresentaram correlação significativa para as estações climáticas do verão, outono e inverno. Quando comparados aos padrões de potabilidade pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, os valores são considerados baixos e dentro do permitido. Isso se deve a falta de fontes de poluição pontual nas microbacias, uma vez que estas não possuem estabelecimentos industriais e a agricultura é tipicamente de subsistência. O efeito da cobertura vegetal (proporção de áreas de pastagem versus floresta) parece não ter influenciado nos teores de metais pesados na água (Tabela 10 e 11).

**Tabela 11:** Teores de Cobre, Chumbo, Zinco, Manganês e Cádmiio da água das microbacias da Gloria e Palmital entre estação e entre microbacias.

Cobre (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 46,3%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	0,067a	0,280a	0,290a	0,004a
Palmital	0,030a	0,270a	0,280a	0,016a
Chumbo (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 47,3%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	0,10a	0,24a	0,28a	0,00
Palmital	0,06a	0,09a	0,14a	0,00a
Zinco (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 31,9%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	0,060a	0,406a	0,4672a	0,013a
Palmital	0,013a	0,238a	0,2731a	0,002a
Manganês (mg.L <sup>-1</sup> ) (cv = 27,9%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Gloria	0,019a	0,084a	0,095a	0,013a
Palmital	0,008a	0,000a	0,036a	0,014a
Cádmiio (cv = 83,8%)	Verão	Outono	Inverno	Primavera

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença estatística entre as microbacias na mesma estação ao nível de 5 % pelo teste Scott-Knott.

**Tabela 12:** Correlação dos metais pesados com a precipitação.

Cobre com a precipitação		
Estação climática	Gloria	Palmital
Verão	0,09 **	0,13 **
Outono	0,54 **	0,54 **
Inverno	0,98 **	0,98 **
Primavera	n.s.	n.s.
Chumbo com a precipitação		
Verão	0,66 **	0,61 **
Outono	0,49 **	0,33 **
Inverno	0,88 **	0,66 **
Primavera	n.s.	n.s.
Zinco com a precipitação		
Verão	0,28 **	0,33 **
Outono	0,53 **	0,52 **
Inverno	0,98 **	0,95 **
Primavera	n.s.	n.s.
Manganês com a precipitação		
Verão	0,97 **	0,92 **
Outono	0,52 **	0,49 **
Inverno	0,94 **	0,92 **
Primavera	n.s.	n.s.

(n.s. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )

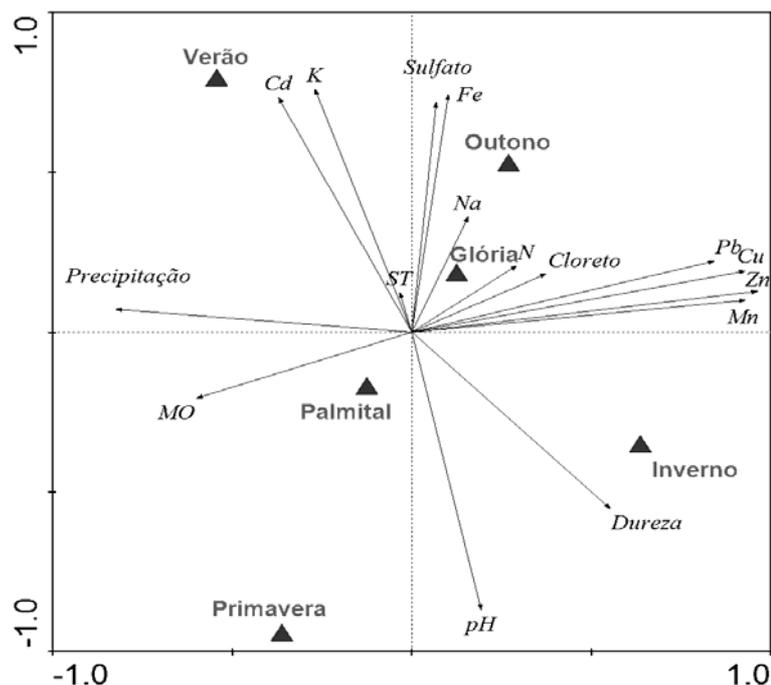
### c) Análise multivariada

A Figura 14 apresenta a ordenação dos indicadores de qualidade de água em função das diferentes estações climáticas nas microbacias Gloria e Palmital, produzida pela Análise de Componentes Principais (ACP). O comprimento das setas é proporcional a sua importância e os ângulos entre elas refletem as intercorrelações entre as variáveis. O ângulo entre cada seta e cada eixo de ordenação representa o grau de correlação com o eixo.

Os teores de chumbo (Pb), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) na água não apresentaram diferença estatística. A análise multivariada demonstrou que esses elementos apresentaram comportamento similar. A variação dos valores dos indicadores de qualidade de água sulfato, ferro (Fe), sódio (Na), nitrogênio total (N), cloreto, Pb, Cu, Zn e Mn, demonstrou que estes foram fortemente influenciados por fatores relacionados à estação climática do outono. Já os teores de nitrogênio e cloreto apresentaram correlação entre eles, assim como o sulfato e o ferro (Figura 14).

Os teores de cádmio, potássio e de sólidos totais (ST) na água mostraram boa correlação e encontram-se influenciados por fatores relacionados à estação climática do verão. Os teores de matéria orgânica (MO) na água estão correlacionados aos valores de precipitação e fatores relacionados à primavera. Os valores de pH e de dureza apresentaram correlação, sendo que em relação à estação do ano houve correlação com o período de inverno (Figura 14).

De forma geral, com base nos indicadores de qualidade de água, as duas microbacias não apresentaram diferenciação significativa entre elas que possa ser relacionada a diferenças em estágio de degradação ambiental. Ainda, as estações climáticas influenciaram de forma significativa os indicadores de qualidade de água (Figura 14).



**Figura 14:** Gráfico Biplot, correlacionando indicadores de qualidade de água nas diferentes estações climáticas e microbacias estudadas.

### 3.6.2. Quantidade de Água das Microbacias (diário)

Em geral, os hidrogramas das microbacias Palmital e Glória mostraram comportamento hidrológico semelhante, com picos de cheias 4 ou 5 dias após a ocorrência de chuvas de alta intensidade (Figura 15).

De acordo com Ranzini & Lima (2002), o principal fator que atenua e/ou retarda os picos de cheias em microbacias é a própria condição de permeabilidade da microbacia, onde solos sem gradiente textural acentuado favorecem a infiltração de água no perfil, mesmo em chuvas intensas. A classe de solo predominante nas duas microbacias é o Cambissolo Háplico, o qual, embora tenha menor profundidade do perfil, não apresenta gradiente textural favorecendo a infiltração de água no solo. As formas de manejo dos solos nas microbacias Glória e Palmital, relacionadas à agricultura de subsistência e/ou pastagem com baixa pressão de pastejo, tem preservado a boa estrutura e níveis adequados de matéria orgânica dos solos, favorecendo boa capacidade de infiltração da água e não apresentando forte escoamento superficial.

Outro aspecto é a regulação de vazão das microbacias no ano avaliado. A microbacia Palmital apresentou vazão superior a Glória, em especial nos meses de estiagem. A microbacia Palmital apresentou maior cobertura florestal enquanto na microbacia Glória a cobertura principal é a pastagem. Está pode ser uma das causas da manutenção do serviço ambiental de perenização da microbacia Palmital (Figura 16).

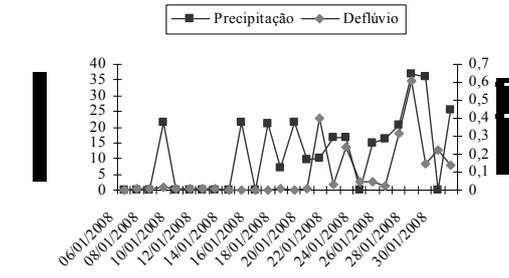
Ainda, como fator importante a ser considerado a microbacia Palmital mostrou distribuição mais alongada se comparada a Glória, devido ao menor fator de forma (Tabela 01 – Capítulo I). Segundo Cardoso et al. (2006), em uma microbacia de forma mais alongada o volume de água da chuva que entra concentra-se em diferentes pontos, conduzindo a maior tempo de concentração de água na saída da microbacia.

**Tabela 13:** Correlação da precipitação diária e a vazão específica das microbacias Gloria e Palmital.

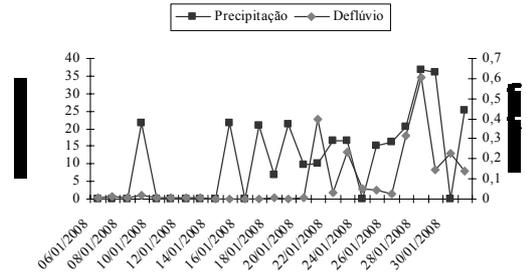
Meses	Gloria	Palmital
Janeiro	0,48 n.s.	0,58 n.s.
Fevereiro	0,63 n.s.	0,64 n.s.
Março	0,52 n.s.	0,009 n.s.
Abril	0,21 n.s.	0,33 n.s.
Maiο	0,57 n.s.	0,81 n.s.
Junho	0,03 **	0,03 **
Julho	- 0,17 **	- 0,11 **
Agosto	- 0,27 **	- 0,27 **
Setembro	- 0,11 **	- 0,11 **
Outubro	0,37 n.s.	0,37 n.s.
Novembro	0,50 n.s.	0,41 n.s.
Dezembro	0,40 n.s.	0,09 n.s.

(N.S. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )

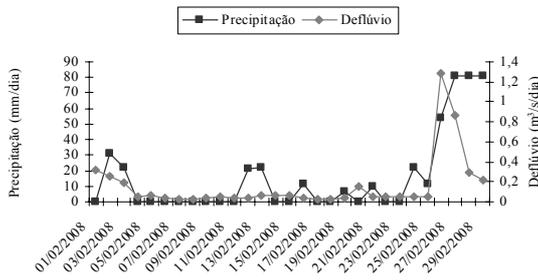
### Microbacia Palmital



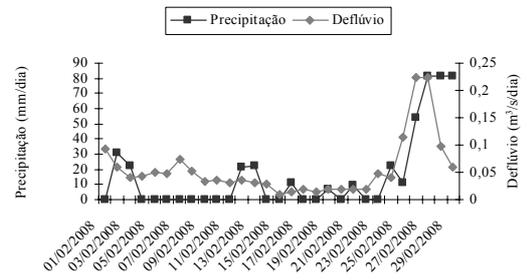
### Microbacia Gloria



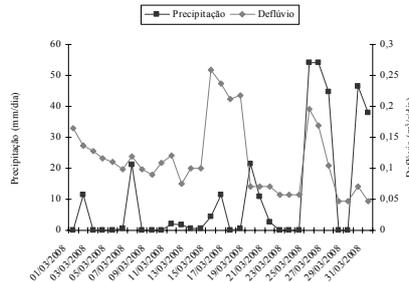
### Janeiro/Palmital



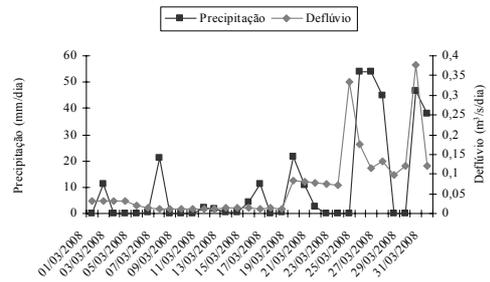
### Janeiro/Gloria



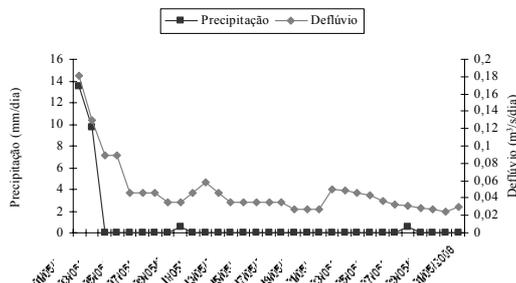
### Fevereiro/Palmital



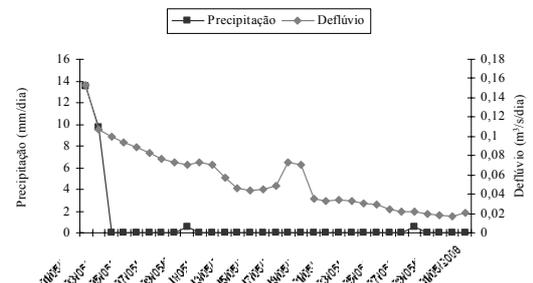
### Fevereiro/Gloria



### Março/Palmital

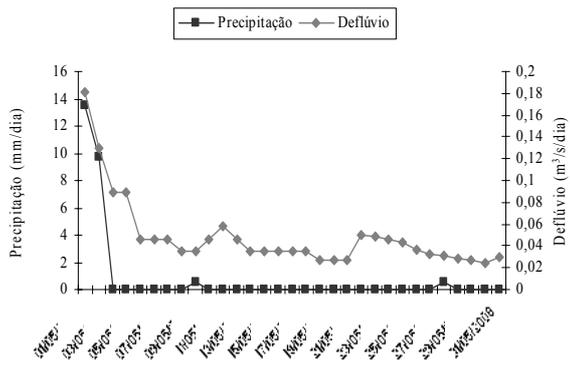


### Março/Gloria

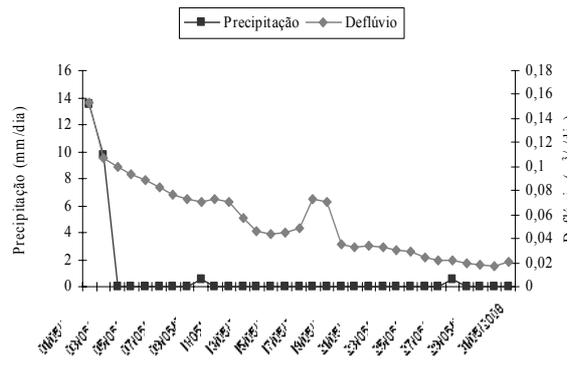


### Abril/Palmital

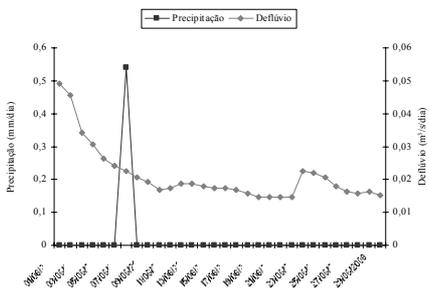
### Abril/Gloria



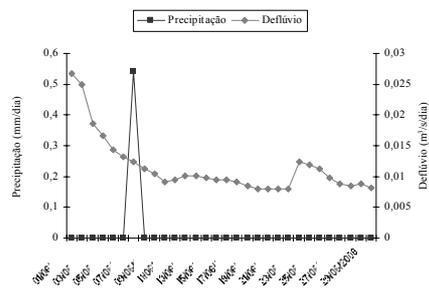
Maio/Palmital



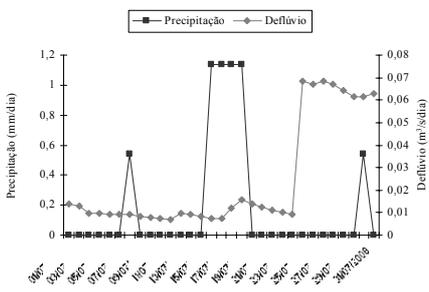
Maio/Gloria



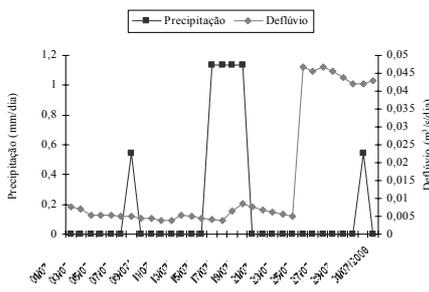
Junho/Palmital



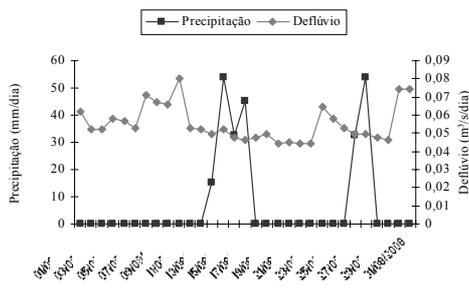
Junho/Gloria



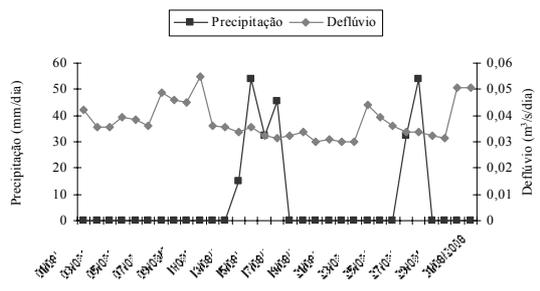
Julho/Palmital



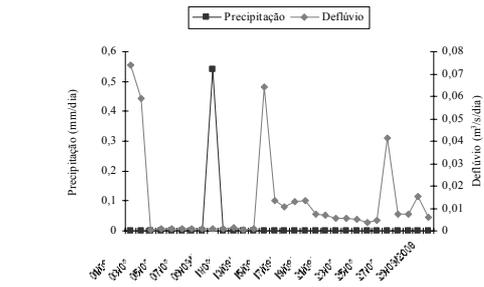
Julho/Gloria



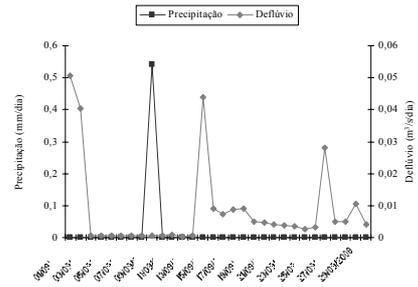
Agosto/Palmital



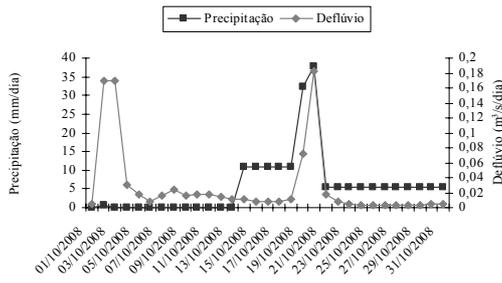
Agosto/Gloria



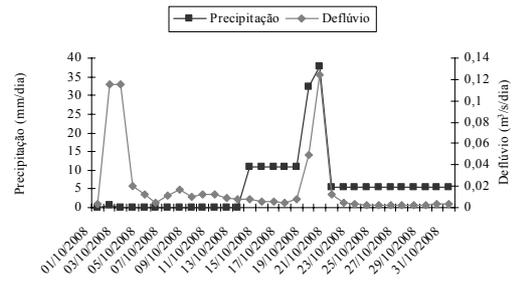
Setembro/Palmital



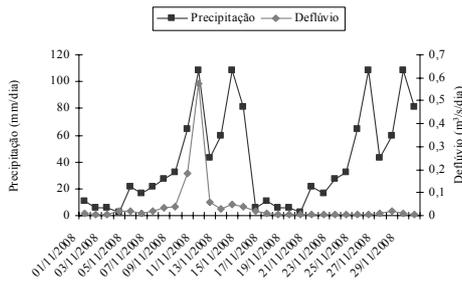
Setembro/Gloria



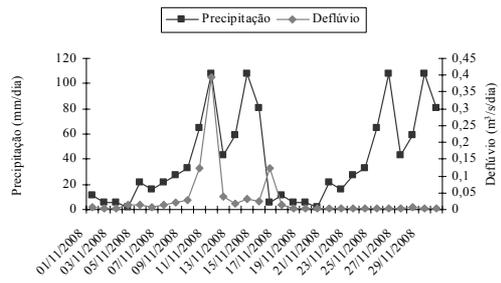
Outubro/Palmital



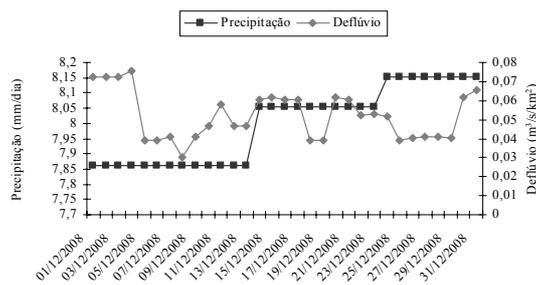
Outubro/Gloria



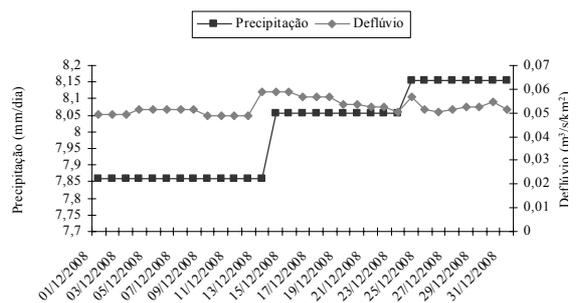
Novembro/Palmital



Novembro/Gloria

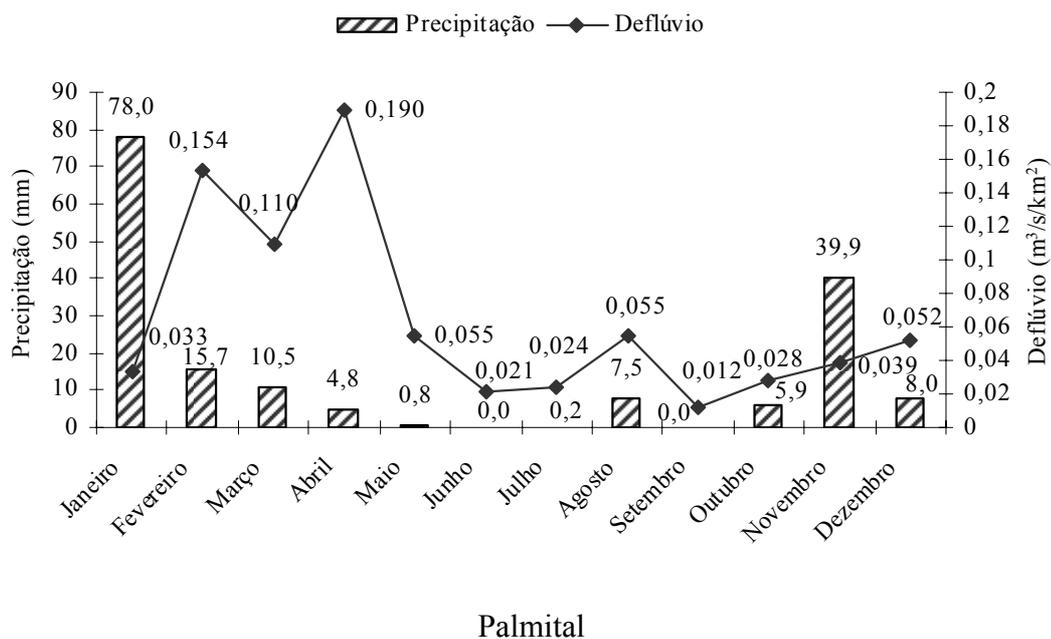


Dezembro/Palmital

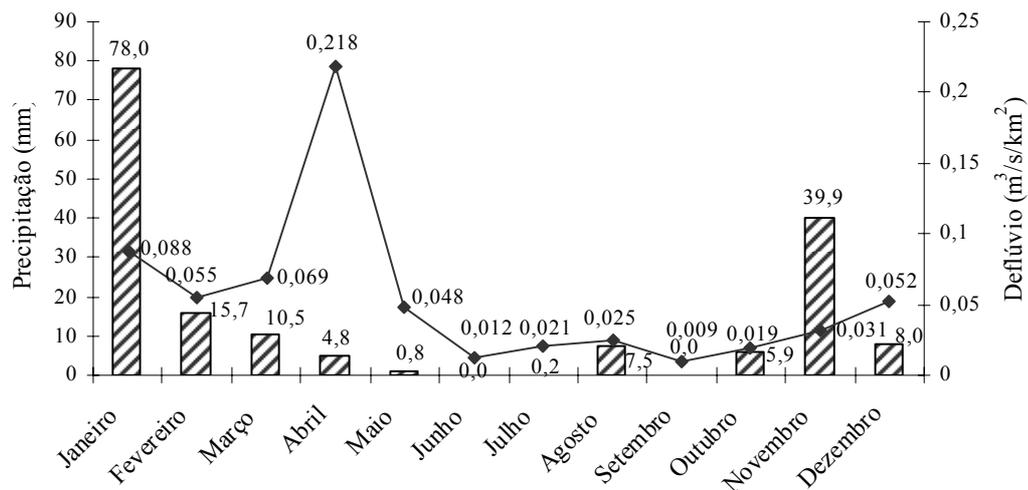


Dezembro/Gloria

**Figura 15:** Hidrograma da precipitação diária (mm/dia) e a vazão específica (m<sup>3</sup>/dia/km<sup>2</sup>) das microbacias Gloria e Palmital.



Palmital



Gloria

**Figura 16:** Precipitação média (mm) e vazão específica média mensal (m³/s/km²) das microbacias Palmital e Gloria.

### 3.6.3. Qualidade da Água das Microbacias (diário)

#### a) Sólidos totais

Os valores de sólidos totais encontrados ao longo do ano nas microbacias Gloria e Palmital foram semelhantes. Os maiores valores foram observados nos meses de janeiro, fevereiro e março. De abril a dezembro os valores de sólidos totais reduziram-se drasticamente e tiveram pouca variação (Figura 17). A correlação entre a vazão e os sólidos totais ao longo do período estudado, em geral, não foi significativa e quando o foi, apresentou reduzido coeficiente de correlação (Tabela 14).

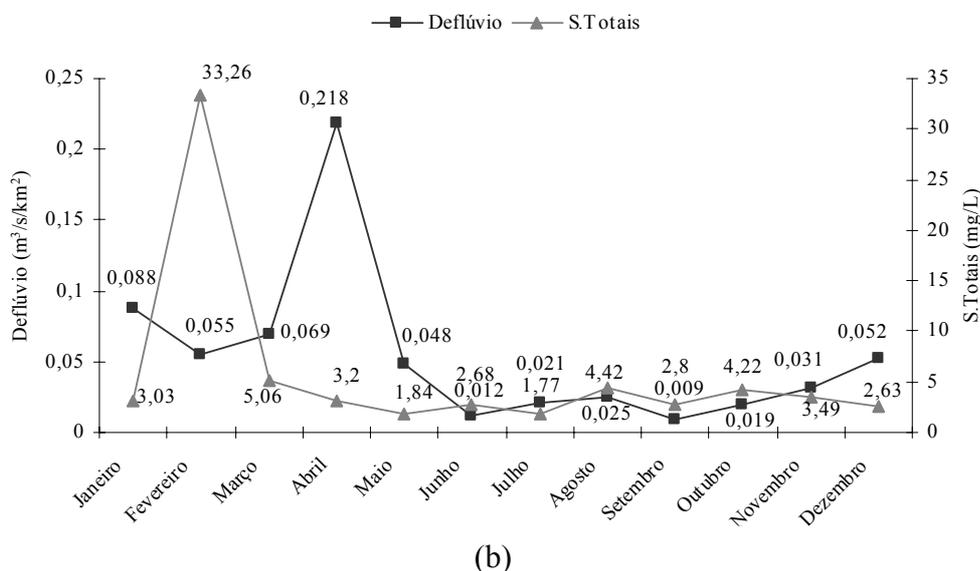
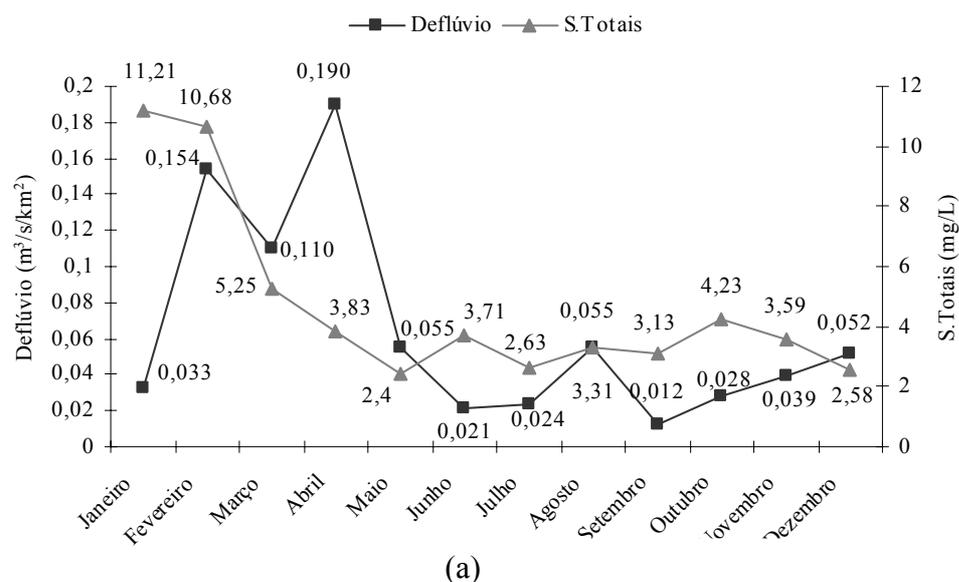
Os valores de sólidos totais estiveram de acordo com o manejo de uso e cobertura da terra das microbacias. As microbacias apresentam baixo percentual de atividades que causam processos erosivos significativos. A microbacia Gloria apresentou 0,97% de sua área com agricultura de subsistência com baixo revolvimento do solo, principalmente o plantio de banana. A microbacia Palmital apresentou 0,17% com atividade agrícola de subsistência (basicamente plantio de banana e inhame), sem nenhum tipo de revolvimento do solo. Dentre os outros tipos de uso do solo, que podem influenciar na geração de sólidos totais, nas microbacias Gloria e Palmital o solo exposto foi do tipo antrópico (quintais) e ocorreu em pequena área. Sendo assim, grande parte do sedimento foi redistribuída pela bacia antes de chegar ao canal principal.

Os valores de sólidos totais foram baixos quando comparados aos indicados para água de classe I da resolução 357 do CONAMA, que estabelece como limite máximo permitido 500 mg/L. Os valores encontrados também estiveram próximos de microbacias com pouco revolvimento do solo e mais resilientes. Por exemplo, no estudo realizado por Câmara & Lima (1999) que avaliou a quantidade de sólidos totais na água, após o corte raso de eucalipto em toda a microbacia mas onde a mata ciliar foi mantida intacta bem como a camada de serapilheira sobre o povoamento florestal, os valores de sólidos totais ficaram entre 1,5 mg/L e 15,9 mg/L. Esses valores foram próximos aos observados nas microbacias Gloria e Palmital (Figura 17).

**Tabela 14:** Correlação entre a vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) e a quantidade de sólidos totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) das microbacias Gloria e Palmital.

Meses	Gloria	Palmital
Janeiro	0,48 n.s.	0,31 n.s.
Fevereiro	0,15 n.s.	- 0,01 n.s.
Março	0,52 n.s.	0,30 n.s.
Abril	0,27 n.s.	- 0,09 n.s.
Maió	- 0,17 **	- 0,11 **
Junho	- 0,08 **	- 0,13 **
Julho	- 0,05 n.s.	0,06 n.s.
Agosto	- 0,15 **	- 0,39 **
Setembro	0,49 n.s.	- 0,29 **
Outubro	0,54 n.s.	- 0,02 n.s.
Novembro	0,67 n.s.	0,46 n.s.
Dezembro	- 0,18 n.s.	- 0,006 **

(n.s. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )



**Figura 17:** Vazão específica e sólidos totais da água das microbacias Palmital (a) e Gloria (b).

### b) Turbidez

Os valores de turbidez da água, ao longo do período estudado, sempre foram inferiores na microbacia Palmital quando comparados a microbacia Gloria. A vazão e a turbidez da água, no período avaliado, apresentaram baixa correlação ou com coeficiente reduzido quando foi significativa (Figura 18 e Tabela 15). Esse resultado demonstra que a mata ciliar e o uso e cobertura das microbacias não influenciam na turbidez da água. Ainda, que as microbacias apresentam-se resilientes frente aos eventos de chuva, administrando a água sem gerar escoamento superficial em volume que pudesse afetar o carreamento da camada superficial do solo, resultando em aumento da turbidez da água.

Fritzsons et al. (2003), avaliando a correlação da vazão com a turbidez no Alto Capivari em Curitiba-PR, observaram uma forte correlação da vazão com a turbidez, e concluíram que estava relacionado à degradação da mata ciliar e ao uso e a cobertura inadequada da bacia hidrográfica.

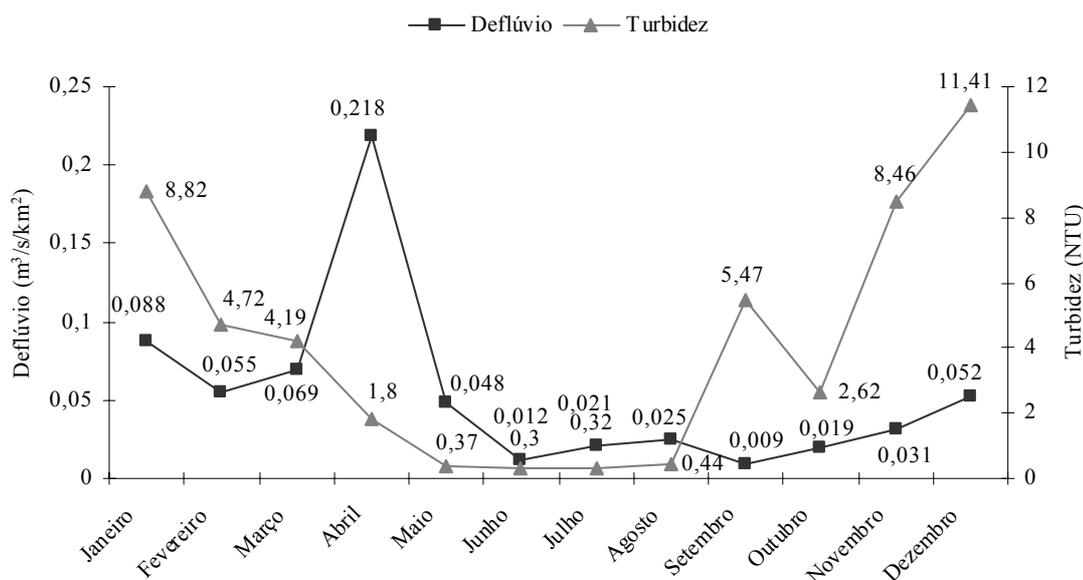
Os valores de turbidez na água da microbacia Palmital ficaram abaixo do limite permitido pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde que é de 5 UNT. Já na microbacia Gloria, nos meses de janeiro, setembro, novembro e dezembro os valores turbidez na água estiveram acima do limite permitido (Figura 18).

A turbidez da água na microbacia Gloria apresentou valores próximos aos de outros estudos em microbacias com predomínio de pastagem e com faixa ciliar bem preservada. Santos et al. (2007), estudando a bacia do córrego Romão dos Reis no município de Viçosa-MG, recoberta predominantemente por pastagem e com faixa ciliar bem preservada, observaram valor de turbidez da água em torno de 4,67 UNT. Do ponto de vista de serviços ambientais, a turbidez da água foi um bom indicador do serviço ambiental prestado pela maior área com cobertura de floresta da Mata Atlântica na microbacia Palmital.

**Tabela 15:** Correlação entre a vazão específica ( $m^3/s/km^2$ ) e a turbidez (UNT) das microbacias Gloria e Palmital.

Meses	Gloria	Palmital
Janeiro	0,75 n.s.	0,37 n.s.
Fevereiro	0,04 n.s.	0,13 n.s.
Março	0,51 n.s.	0,51 n.s.
Abril	0,68 n.s.	- 0,10 n.s.
Maió	0,02 n.s.	- 0,04 n.s.
Junho	- 0,34 **	0,007 n.s.
Julho	0,23 n.s.	0,05 n.s.
Agosto	- 0,06 **	- 0,19 **
Setembro	0,56 n.s.	0,006 n.s.
Outubro	0,54 n.s.	0,04 n.s.
Novembro	0,81 n.s.	0,01 n.s.
Dezembro	0,23 n.s.	0,04 **

(N.S. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )



**Figura 18:** Deflúvio médio e turbidez média mensal das microbacias Palmital e Gloria.

### c) Produção de sedimentos

A produção de sedimentos estimada foi muito inferior na microbacia Palmital em relação a Gloria. O mês de fevereiro na microbacia Palmital apresentou a maior produção de sedimentos, enquanto na microbacia Gloria o mês de dezembro teve a maior produção de sedimentos. A variável vazão de água e a produção de sedimentos praticamente não apresentaram correlação significativa e, quando tal fato ocorreu, os valores do coeficiente foram reduzidos (Tabela 16 e Figura 19).

**Tabela 16:** Correlação entre a vazão específica ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) e a produção de sedimentos (t/ha) das microbacias Gloria e Palmital.

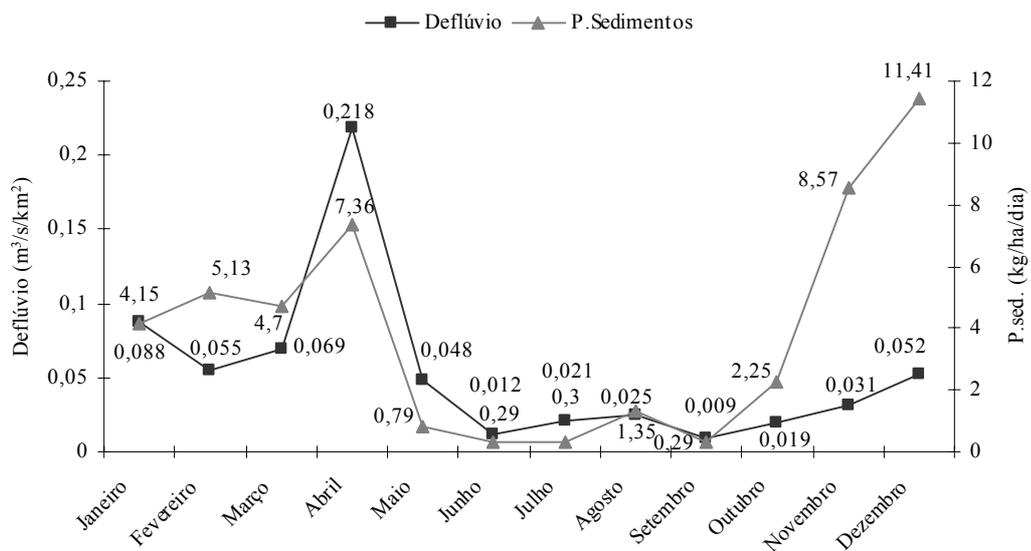
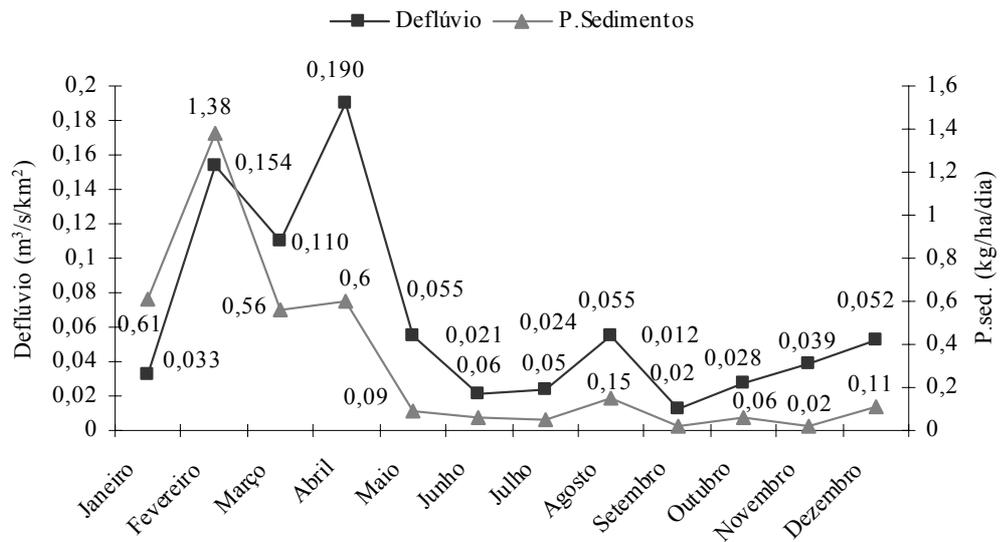
Meses	Gloria	Palmital
Janeiro	0,07 n.s.	0,47 n.s.
Fevereiro	0,006 n.s.	0,52 n.s.
Março	0,18 n.s.	0,83 n.s.
Abril	0,68 n.s.	- 0,56 n.s.
Mai	0,26 n.s.	0,43 n.s.
Junho	0,89 n.s.	0,35 SIG
Julho	- 0,32 **	0,69 **
Agosto	- 0,10 **	0,04 **
Setembro	0,52 n.s.	0,97 n.s.
Outubro	0,53 n.s.	0,49 n.s.
Novembro	0,16 n.s.	0,78 n.s.
Dezembro	0,15 n.s.	0,78 n.s.

(n.s. é não significativo para  $p < 0,05$  e \*\* é significativo para  $p < 0,05$ )

A produção de sedimentos anual foi de 0,456 t/ha na microbacia Gloria e de 0,110 t/ha na Palmital, esta última com valor cerca de quatro (4) vezes menor. A quantificação da perda de solo pelo modelo da EUPS estimou uma produção de sedimentos anual menor que 10 t/ha. Embora os valores medidos para ambas as microbacias tenham sido menores, em termos de escala, a diferença entre elas e a estimada pela EUPS é grande, especialmente para a microbacia Palmital.

De acordo com a FAO (1967) perdas de solos menores que 10 t/ha podem ser consideradas como ligeira ou relativamente nenhuma. Segundo esse padrão os valores de produção de sedimentos anuais obtidos de para as microbacias Gloria e Palmital são portanto irrelevantes.

Em estudo realizado por Câmara & Lima (2002), em microbacias com plantio de eucalipto, foram observados valores ainda menores, na faixa de 0,030 a 0,076  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Esses dados realçam a importância da cobertura vegetal nas microbacias, as quais apresentam baixo impacto e prestam serviços ambientais no favorecimento de baixa produção de sedimentos ao longo do ano.



**Figura 19:** Deflúvio médio e produção de sedimentos média mensal das microbacias Palmital e Gloria.

### 3.7. CONCLUSÕES

Os indicadores de qualidade de água avaliados mensalmente não mostraram diferenças entre as microbacias. No entanto, obteve-se boa correlação com os dados com os das estações climáticas, mostrada pela análise de componentes principais.

De forma geral, os hidrogramas das microbacias Palmital e Gloria apresentaram padrão hidrológico semelhante. Quanto à regularização de vazão de água, a microbacia Palmital apresentou maior vazão ao longo do ano que a Gloria.

Os valores de sólidos totais apresentaram pequena correlação com a vazão, o que evidencia que os sólidos totais não são predominantemente gerados pelo processo erosivo do solo. Este fato reflete a resiliência das microbacias. Os valores de sólidos totais ficaram abaixo do limite da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, enquadrando a água como de boa qualidade.

A turbidez foi maior na microbacia Gloria, quando comparada a microbacia Palmital, portanto este indicador pode ser adequado para valorar os serviços ambientais prestados. A produção de sedimentos na microbacia Gloria foi quatro vezes maior que na Palmital, embora este indicador tenha apresentado baixa correlação com a vazão de água.

#### **4. CAPÍTULO III**

### **VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS HIDROLÓGICOS DA MATA ATLÂNTICA NA APA DO SANA**

#### 4.1. RESUMO

O objetivo geral deste estudo foi valorar os serviços ambientais da Mata Atlântica na qualidade e quantidade de água em usos múltiplos das microbacias Gloria e Palmital, com diferentes percentuais de cobertura de floresta, para captação de água, e da APA do Sana em Macaé (RJ) em relação ao ecoturismo. A valoração dos serviços ambientais em relação à qualidade da água foi realizada com base no custo do tratamento da água em função da turbidez e dos teores de sólidos totais. A valoração do custo de oportunidade foi feita diretamente junto aos fornecedores de serviços nas microbacias por meio de entrevistas. A disposição a pagar dos demandantes foi efetuada por meio de questionários. A valoração pela contribuição financeira dos turistas em relação aos serviços ambientais da APA do Sana foi feita por meio de entrevistas com uso de questionários. Os resultados obtidos mostram que com base no uso dos indicadores para valorar tratamento de água turbidez e quantidade de sólidos totais a microbacia Palmital, com maior percentual de cobertura florestal, não necessitaria de tratamento de água. De forma diferente, a microbacia Gloria, com predomínio de áreas de pastagem, necessitaria de tratamento. A valoração dos principais serviços ambientais na APA do Sana poderá servir de base para discussão, junto ao seu conselho gestor, para incorporar cobranças voluntárias ou não pelo uso de serviços ambientais de alto interesse do ecoturismo como as cachoeiras. Os recursos auferidos poderiam ser utilizados em melhorias de infra-estrutura e em projetos de preservação dos responsáveis pelos serviços ambientais. Além de serem incorporadas ao plano de manejo da unidade de conservação. Os resultados dos questionários aplicados indicaram que, com o valor indicado pela disposição a contribuir dos usuários, em um prazo de 2,2 anos poderiam ser feitos os investimentos necessários para recuperar toda a faixa ciliar do Rio Sana.

**Palavras chave:** Tratamento de água. Bens ambientais. Reflorestamento. Qualidade de água.

## 4.2. ABSTRACT

The general objective of this study was to assess the environmental services of the Atlantic Forest in the quality and quantity of water in multiple uses of watersheds Gloria and Palmital, with different percentage of forest coverage, as water source, and of Sana Environment Preservation Area (EPA), in Macaé municipality (Rio de Janeiro State), on ecotourism. The valuation of environmental services related to water quality was performed by the water treatment cost based on the turbidity and content of total solids. The assessment of opportunity cost was made by interviewing the service providers in the microbasins. The users' accordance to pay the costs was evaluated by means of questionnaires. The valuation according to financial contribution of tourists for the environmental services of the Sana EPA was made through interviews using questionnaires. The results showed that applying the indicators turbidity and total solids as indicators for water treatment, the watershed Palmital, with a higher percentage of forest coverage, did not require water treatment for consumption. Differently, the watershed Gloria, predominantly covered by grassland, would require water treatment. The assessment of the main environmental services of Sana EPA might serve as a discussion base, with its management counsel, to incorporate voluntary or not charges for the usage of environmental ecotourism services such as the waterfalls. The financial resources generated might be used in projects for improvement of infra – structure and preservation of the ones responsible for the environmental services. Besides, the income might be incorporated into the management plan of the conservation unit. The results of the questionnaires indicated that, with the value indicated by the users, in a 2.2 years period it would be possible to make the investments needed to recover the whole range of the Sana river riparian forest.

**Keywords:** Water treatment. Environmental assets. Water quality.

### 4.3. INTRODUÇÃO

Os métodos de valoração econômica comumente procuram medir a demanda do consumo em termos monetários, que dizer: a disposição dos consumidores para pagar por receber um benefício ou sua disposição para aceitar uma compensação monetária pela perda de tal benefício. Os métodos de valoração, deliberadamente, expressam a utilidade derivada dos bens e serviços não-comerciáveis em termos de transações mercantis. Considera-se que, desta maneira mostra-se um reflexo confiável das preferências relativas dos produtores e consumidores em relação a diferentes bens e serviços (Bishop & Mills, 2005).

De acordo com Groot et al. (2002), o primeiro passo para a inclusão da compreensão da cota de bens e serviços dos ecossistemas envolvem a tradução da complexidade ecológica (estruturas e processos) em um número limitado de funções do ecossistema. Estas funções provêm os bens e serviços que é valorado pelos humanos. Na literatura ecológica, o termo funções do ecossistema teve varias interpretações, as vezes contraditórias. Em certos casos o conceito é usado para descrever o funcionamento interno do ecossistema (por exemplo, manutenção de fluxos de energia e ciclagem de nutrientes), e às vezes relaciona aos benefícios derivados por humanos das propriedades e processos do ecossistema como, por exemplo, a produção de alimentos.

Segundo Bishop & Mills (2005) cada vez mais se associam às florestas a uma diversidade de serviços ambientais oferecidos nas bacias hidrográficas, os quais incluem: regulação do ciclo hídrico da água, quer dizer, a manutenção da vazão durante a temporada da seca e o controle para evitar enchentes; conservação da qualidade da água, isto é, a redução ao mínimo, das quantidades de sedimentos carreados, nutrientes (por exemplo, de fósforo e nitrogênio), substâncias químicas e, da mesma forma, a diminuição da salinidade; controle da erosão do solo e do assoreamento; redução da salinidade do solo e/ou a regulação dos níveis do lençol freático; manutenção dos habitats aquáticos (por exemplo: a redução da temperatura da água através da sombra sobre rios ou córregos e efeito de garantir os restos de madeira apropriados e habitat para as espécies aquáticas).

Muitas vezes, enfatiza-se que tais serviços são suficientemente importantes para os consumidores de água e para os habitantes das partes baixas da bacia. Com isto, tenta-se justificar a conservação ou a plantação de florestas, principalmente, em terras ribeirinhas (Myers, 1997). Lamentavelmente, tais afirmações se fundamentam bem pouco em cálculos ou medições detalhadas dos impactos de alterações florestais fora do local. Os raros estudos detalhados existentes revelam que os impactos das florestas na quantidade e qualidade da água, na erosão, no assoreamento e nos níveis do lençol freático, bem como na produtividade aquática dependem de muitas características específicas da área, incluindo: o terreno, a composição do solo, as espécies arbóreas, a associação entre vegetação, o clima e os regimes do manejo (Calder, 1999).

O objetivo geral deste estudo foi valorar os serviços ambientais da Mata Atlântica na qualidade e quantidade de água em usos múltiplos das microbacias Glória e Palmital, utilizadas para captação de água e com diferentes percentuais de cobertura de floresta, assim como a APA do Sana, em Macaé (RJ), em relação ao ecoturismo.

Os objetivos específicos foram: valorar o serviço ambiental da cobertura florestal pelo custo de tratamento da água; valorar o custo de oportunidade dos fornecedores de serviços ambientais das microbacias; valorar a disposição a pagar dos demandantes dos serviços ambientais; e valorar a disposição a contribuir financeiramente dos turistas pelos serviços ambientais da APA do Sana.

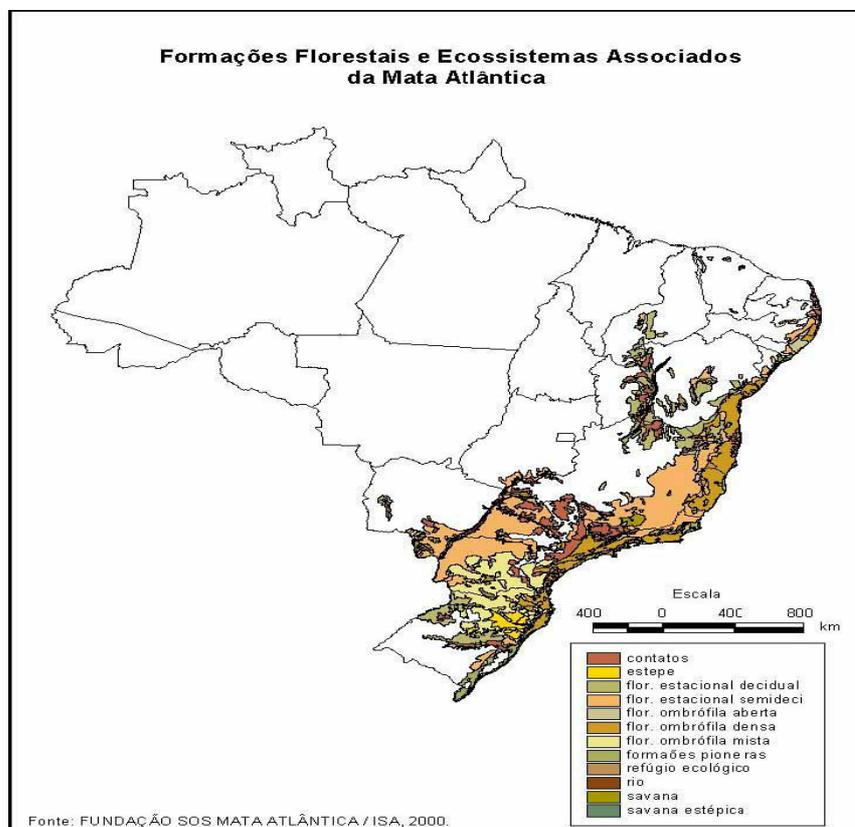
## 4.4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.4.1. O Bioma Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro

O alto grau de interferência na Mata Atlântica é conhecido. Desde o início da colonização européia, com a ocupação dos primeiros espaços territoriais próximos à região costeira e a exploração do Pau-Brasil, árvore da qual era extraída uma tintura muito utilizada pela indústria têxtil na época, muita matéria-prima passou a ser explorada (SOS Mata Atlântica/INPE, 2008).

Os impactos dos diferentes ciclos de exploração vieram como o do ouro, o da cana-de-açúcar e, posteriormente, o do café. Novos ciclos econômicos, de desenvolvimento e de integração nacional surgiram e instalou-se definitivamente um processo de industrialização e, conseqüentemente, de urbanização, com as principais cidades e metrópoles brasileiras assentadas hoje na área originalmente ocupada pela Mata Atlântica, que fizeram com que sua vegetação natural fosse reduzida drasticamente (SOS Mata Atlântica/INPE, 2008).

A Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, que originalmente estendia-se de forma contínua ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul. Na época do descobrimento do Brasil cobria mais de 1,5 milhões de km<sup>2</sup> – com 92% desta área no Brasil (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2001; Galindo-Leal & Câmara, 2003). A floresta já perdeu mais de 93% de sua área (Myers et al., 2000) e restando menos de 100.000 km<sup>2</sup> de vegetação remanescente (Figura 20).



**Figura 20:** Extensão do Bioma Mata Atlântica (Fonte SOS Mata Atlântica/INPE, 2008).

Dean (1996) identificou as causas imediatas da perda de habitat: a superexploração dos recursos florestais por populações humanas (madeira, frutos, lenha, caça) e a exploração da terra para uso humano (pastos, agricultura e silvicultura).

Um instrumento promissor da recuperação da biodiversidade é a compensação fiscal, baseada na área sob proteção oficial declarada pelos estados e municípios (ICMS ecológico). Desde que o Estado do Paraná adotou esse tipo de programa, o número de áreas protegidas no Estado aumentou 165%. Espera-se que essa iniciativa aumente o interesse dos tomadores de decisão na criação de novas áreas protegidas e na implementação e melhoria do manejo e administração daquelas já existentes. Outras políticas públicas, mecanismos de incentivo e oportunidades econômicas para a proteção e restauração da Mata Atlântica têm sido desenvolvidos recentemente (Alger & Lima, 2003).

Em outubro de 2007 o governo do Estado do Rio de Janeiro em sancionou a Lei do ICMS Verde que estabelece novas regras para o repasse do ICMS aos seus 92 municípios do sendo aqueles que investirem na preservação ambiental contarão com maior repasse desse imposto. Estima-se que o repasse anual para as prefeituras que investirem na manutenção de florestas, de fontes de água e no tratamento de lixo alcançará R\$ 100 milhões, em 2011. O ICMS Verde entra em vigor a partir deste ano. Pela legislação tradicional do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), 25% dos impostos arrecadados pelo governo estadual do Rio de Janeiro são repassados às prefeituras segundo critérios como o número de habitantes e a área territorial, a componente verde nunca foi levada em conta.

Com a aprovação da Lei do ICMS Verde, porém, o importante componente ecológico será incorporado a essa distribuição, se tornando um dos seis índices estabelecidos para o cálculo do imposto. O repasse verde representará 2,5% do valor do ICMS distribuído aos municípios. O percentual aumentará gradativamente: 1% em 2009; 1,8% em 2010; e, finalmente, 2,5% no exercício fiscal de 2011.

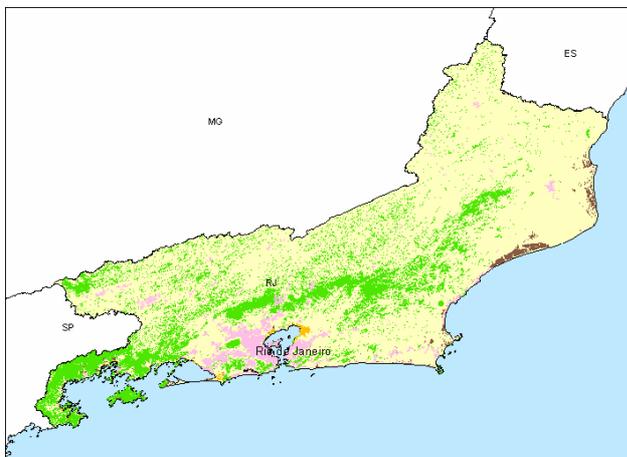
O índice de repasse do ICMS Verde será composto da seguinte forma: 45% para áreas conservadas (unidades de conservação, reservas particulares e áreas de proteção permanentes); 30% para a manutenção da boa qualidade da água; e 25% para a administração dos resíduos sólidos. As prefeituras que criarem suas próprias unidades de conservação terão direito a 20% dos 45% destinados à manutenção de áreas protegidas.

A Mata Atlântica é fisionomicamente semelhante à Floresta Amazônica. Ambas são igualmente densas, com árvores altas em setores mais baixos do relevo, e os troncos são recobertos por grande diversidade de epífitas. A existência de grupos semelhantes entre a Amazônia e a Mata Atlântica sugere que essas florestas se comunicaram em algumas fases de sua evolução (Silva, 2002).

De acordo com dados de SOS Mata Atlântica/INPE (2008) no município de Macaé de 2000 a 2005, houve um desmatamento de 16% da vegetação nativa, sendo que somente 25% de sua cobertura vegetal é de Mata Atlântica. Esses dados são alarmantes considerando o curto espaço de tempo (5 anos) e o percentual de desmatamento. O Estado do Rio de Janeiro atualmente apresenta 19,85% de seu território recoberto por Mata Atlântica (Figura 21).

O rio Sana é um importante tributário do rio Macaé, e sua bacia apresenta importantes fragmentos de Mata Atlântica e uma abundância de recursos hídricos e de cachoeiras. Até a década de 80, na bacia do rio Sana havia uma comunidade constituída de pequenos agricultores que produziam principalmente banana e leite. Em função de suas características ambientais a partir da década de 80 o ecoturismo tornou-se a principal atividade econômica local. Associado ao grande fluxo de turistas observou-se um crescente processo de degradação ambiental, por meio do desmatamento e a urbanização desordenada. Em resposta a este processo, a comunidade conseguiu, junto ao município, que todo o Distrito do Sana fosse transformado em Área de Proteção Ambiental (APA), através da Lei nº 2172, de 30 de novembro de 2001. Embora a criação da APA tenha sido uma resposta positiva no sentido da

preservação, observa-se que esta não foi suficiente para controlar os efeitos nocivos do turismo desorganizado e do passivo ambiental de pastagens e encostas degradadas.



**Figura 21:** Mapa de cobertura florestal de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro (SOS Mata Atlântica/INPE, 2008).

Em diagnóstico ambiental da APA, realizado em 2004, foi constatado que a qualidade da água, segundo o Índice de Qualidade de Água (IQA) (CETESB, 2003), estava próxima à faixa de 20 a 36, considerada ruim e que esta baixa qualidade da água estava relacionada ao crescimento urbano e às atividades agropecuárias. No mesmo diagnóstico surgiram alguns questionamentos, tais como: a) Qual o grau de degradação da água nas diferentes épocas? b) Quais locais são mais críticos e sua relação com a ocupação? c) Quais estratégias de intervenção são mais adequadas para a restauração ambiental? d) a necessidade de trazer informações científicas ao público leigo (conhecer para preservar).

Em termos de serviços ambientais prestados pela Mata Atlântica, três podem ser destacados: a biodiversidade, como sumidouro de carbono e os serviços hidrológicos (assegurar a boa qualidade e quantidade da água).

Além da importância da biodiversidade em relação a todos os serviços ambientais, porque dela depende o funcionamento dos ecossistemas, podemos destacar três; o primeiro deles é o próprio valor de existência, basicamente manifestado pelas sociedades ou indivíduos, acreditando que todas as espécies têm o direito de simplesmente existir; o segundo serviço ambiental é o valor de opção dos usos futuros do material genético existente nas plantas e animais, para fins de pesquisa farmacêutica e desenvolvimento de novos medicamentos; o terceiro é o potencial da biodiversidade no desenvolvimento de novos produtos químicos para uso agrícola ou industrial, assim como ao estoque de informação genética, à disposição da biotecnologia e da seleção de novos cultivares agrícolas (Veiga, 2008).

O sequestro de carbono pela Mata Atlântica é outro serviço ambiental de grande importância. Estudo realizado por Melo & Durigan (2006), visando quantificar os estoques de carbono em matas ciliares em áreas de Cerrado e de Mata Atlântica, constatou-se uma maior capacidade de sequestro de carbono pela mata ciliar da Mata Atlântica em torno de 60% a mais que o da mata ciliar do Cerrado. A Mata Atlântica absorve carbono atmosférico na sua fase de crescimento. Desta forma, somente reflorestamentos podem servir como sumidouros de carbono. O reflorestamento de áreas de preservação permanente tem um papel de destaque pela sua capacidade de sequestrar carbono. Segundo Martins (2002), a capacidade de sequestro de carbono da mata ciliar está em torno de 2,21 tonelada de carbono/hectare/ano.

Quanto aos serviços hidrológicos, a Mata Atlântica pode desempenhar os seguintes serviços hidrológicos em uma bacia hidrográfica: contribui decisivamente para regularizar a

vazão dos cursos de água, aumentar a capacidade de armazenamento nas microbacias pela infiltração, reduzir a erosão, diminuir os impactos das inundações e manter a qualidade da água (Braga, 2005).

Entretanto, existem poucos trabalhos a respeito dos serviços hidrológicos da Mata Atlântica, podendo se destacar um dos poucos estudos é o de Arcova & Cicco (1999) que trabalhou com microbacias cobertas por Mata Atlântica e outras utilizadas por agricultura e pecuária extensiva. Estes autores observaram que as microbacias cobertas por Mata Atlântica apresentam uma melhor qualidade de água do que as microbacias com uso extensivo de pastagem e agricultura. Estudo realizado por Donadio et al. (2005), em nascentes com área de influência de Mata Atlântica e de atividade agrícola no Estado de São Paulo constatou que o uso do solo pela atividade agrícola promove uma degradação da qualidade da água e a presença de remanescentes de Mata Atlântica garante a manutenção da qualidade de água.

#### **4.4.2. Valoração dos Serviços Ambientais**

A valoração ambiental consiste em conferir valor monetário a bens e serviços ambientais não reconhecidos nos mercados. Motta (1998) define valoração ambiental como a determinação valor econômico de um recurso ambiental, estimando o valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia.

O valor econômico total de um recurso natural pode ser classificado em duas categorias:

a) valor de uso, sendo este o valor que os indivíduos atribuem a um recurso natural pelo seu uso no presente ou seu uso potencial no futuro, podendo atribuir preços de mercado praticados ou substitutos. Este valor de uso pode ser desagregado em: valor de uso direto, valor de uso indireto e pelo valor de opção (quando o indivíduo percebe como sendo o valor potencial, dos usos direto e indireto da natureza no futuro, e que se evidencie disposto a pagar para conservar os recursos naturais para tais usos);

b) valor de não uso, que se refere ao valor dissociado do uso, expressando o valor intrínseco do uso e refletindo, desta forma, o seu valor de existência.

Assim, o valor econômico do recurso natural é igual ao somatório dos seus valores de uso direto, indireto, de opção e de existência.

De acordo com Ortiz (2003) os principais métodos de valoração ambiental são classificados em diretos e indiretos. Os métodos de valoração indiretos são aqueles que inferem o valor econômico de um bem ou serviço ambiental a partir da observação do comportamento dos usuários em mercados relacionados com o bem ou serviço ambiental. No mercado, as pessoas compram o bem quando suas disposições a pagar são maiores ou iguais ao preço do produto. Neste caso, a valoração ambiental pelo método direto pode ser feita por meio da compra de certos bens de mercado associados ao uso do bem ou serviços ambientais. Os métodos indiretos só estimam valores de uso, pois se observa o comportamento do indivíduo em mercados de bens complementares ou substitutos ao consumo do bem ou serviço ambiental. Dessa maneira, essas técnicas podem subestimar o valor econômico total do bem ou serviço ambiental.

##### **Métodos indiretos de valoração ambiental:**

**a) Custo de Viagem:** O método de custo de viagem estima o valor de uso por meio da análise dos gastos incorridos pelos visitantes desse lugar. É um método de pesquisa que, em geral, utiliza questionários aplicados a uma amostra de visitantes do lugar de recreação para levantar dados como o lugar de origem do visitante, seus hábitos e gastos associados à

viagem. Desses dados, pode-se calcular custos de viagem e relacioná-los (junto com outros fatores) a uma frequência de visitas, de modo que uma relação de demanda seja estabelecida. Essa função de demanda por visitas ao lugar de recreação é, então, utilizada para estimar o valor de uso desse lugar.

**b) Preços hedônicos:** O método de preços hedônicos pretende estimar um preço implícito por atributos ambientais característicos de bens comercializados em mercado, através da observação desses mercados reais nos quais os bens são efetivamente comercializados. Os dois principais mercados hedônicos são o mercado imobiliário e o mercado de trabalho.

**c) Custos de reposição:** O método de custo de reposição, consiste em estimar o custo de repor ou restaurar o recurso ambiental danificado, de maneira a restabelecer a qualidade ambiental inicial. Esse método usa o custo de reposição ou restauração como uma aproximação da variação da medida de bem-estar relacionada ao recurso ambiental.

**d) Gastos defensivos:** Esse método, também chamado de método dos custos evitados, procura estimar os gastos que seriam incorridos em bens substitutos para não alterar a quantidade consumida ou a qualidade do recurso ambiental analisado. O bem de mercado, substituto do recurso ambiental analisado deve ser um substituto perfeito do recurso ambiental.

**e) Produtividade marginal:** O método da produtividade marginal é aplicável quando o recurso ambiental analisado é fator de produção ou insumo na produção de algum bem ou serviço comercializado em mercado. Esse método visa achar uma ligação entre uma mudança no provimento de um recurso ambiental e a variação na produção de um bem ou serviço de mercado. Esse método de valoração ambiental envolve a estimação de uma função de dano, ou função dose-resposta, que relaciona o dano físico observado com diferentes níveis de qualidade do recurso ambiental analisado.

**f) Transferência de benefícios:** A transferência de benefícios ambientais é definida como a transposição de valores monetários relacionados a um recurso ambiental, estimados em um determinado lugar por meio de técnicas de valoração ambiental, para outro lugar ou ambiente em estudo, considerando-se nesse procedimento as diferenças sócio – econômicas entre os dois locais em análise. A hipótese por trás da transferência de benefícios é a de que existe um tipo similar de comportamento das pessoas em relação ao recurso ambiental que são refletidos nos valores revelados ou expressos pelas pessoas através das técnicas de valoração ambiental.

**g) Capital humano ou produção sacrificada:** A teoria do capital humano supõe que uma vida perdida representa um custo de oportunidade para a sociedade equivalente ao valor presente da capacidade desse indivíduo de gerar renda. Logo, no caso de morte prematura, esse valor presente representaria a renda ou a produção perdida, que poderia ser considerada como uma aproximação para o valor de uma vida estatística. O valor da vida estatística pode ser definido como a soma dos valores individuais associados à redução do risco de uma morte na sociedade.

**Métodos Diretos de valoração ambiental:** Os métodos de valoração diretos procuram inferir as preferências por bens ou serviços ambientais a partir de perguntas feitas diretamente às pessoas, e estas estabelecem suas preferências em relação ao recurso ambiental. Daí serem classificados como métodos diretos.

**a) Valoração contingente:** O método de valoração contingente consiste na utilização de pesquisas amostrais para identificar, em termos monetários, as preferências individuais em relação a bens que não são comercializados em mercados. Especificamente na valoração ambiental, perguntamos às pessoas o quanto elas avaliam situações hipotéticas envolvendo

uma mudança em quantidade ou qualidade de um recurso ambiental. São criados mercados hipotéticos do recurso ambiental – ou cenários envolvendo mudanças no recurso – e as pessoas expressam suas preferências por meio da disposição a pagar (DAP) para evitar a alteração na qualidade ou quantidade do recurso ambiental.

**b) Ranqueamento contingente:** No método de ranqueamento contingente, os indivíduos recebem um conjunto de cartões, cada qual descrevendo uma situação diferente ou alternativas hipotéticas, com respeito ao recurso ambiental e outras características que seriam argumentos na função utilidade do entrevistado. Como exemplo, o nível de congestionamento e taxa de admissão de um parque. As pessoas são chamadas a organizar seus cartões em ordem de preferência, e os valores relativos aos recursos podem ser inferidos a partir desse ranqueamento contingente, utilizando-se as taxas marginais de substituição entre qualquer das características e o recurso ambiental. Se algum dos outros bens ou características tiver preço de mercado, então é possível calcular a disposição a pagar do entrevistado pelo recurso ambiental.

De acordo com Dayly (1997) serviços ambientais ou serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra. Veiga (2008) Comenta que em ecossistemas de florestas tropicais existem três tipos de serviços ambientais:

- a) Manutenção e/ou seqüestro de carbono relacionado com a mudança climática
- b) Os serviços associados à manutenção da biodiversidade
- c) Os serviços associados à qualidade e quantidade de água

De acordo com o autor, os dois primeiros são considerados problemas ambientais globais, enquanto o último é considerado um problema local, apesar de sua importância mundial.

#### **4.4.3. Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos Aplicados a Água**

Uma estratégia de convencimento para a implementação de medidas conservacionistas é estabelecer o custo ambiental da degradação ou valorar os serviços ecossistêmicos. Partindo-se da hipótese de que a cobertura florestal é o principal responsável por manter a quantidade e qualidade da água e do solo na bacia e que existem áreas com diferentes tipos de uso e cobertura vegetal, pode-se estabelecer uma relação de causa-efeito entre uso e qualidade da água e do solo, e desta forma, valorar o serviço ambiental das áreas de florestas e/ou custo de oportunidade. Nas situações onde é fácil identificar os beneficiários diretos desses serviços, surge o potencial de se estabelecer um sistema de Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE): os beneficiários (demandantes) pagam para os fornecedores (ofertantes) o custo de oportunidade dos serviços, sendo estes agentes que atuam na conservação ambiental (Geluda & Young, 2005).

Segundo Bishop & Mills (2005) cada vez mais se associam as florestas uma diversidade de serviços ambientais oferecidos nas bacias hidrográficas, os quais incluem:

- a) A regulação do ciclo hídrico da água, quer dizer, a manutenção da vazão durante a temporada da seca e o controle para evitar enchentes;
- b) A conservação da qualidade da água, isto é, a redução ao mínimo, das quantidades de sedimentos carregados, nutrientes (por exemplo, de fósforo e nitrogênio), substâncias químicas e, da mesma forma, a diminuição da salinidade;
- c) O controle da erosão do solo e do assoreamento dos rios;
- d) A redução da salinidade do solo e/ou a regulação dos níveis do lençol freático; e

e) Manutenção dos habitats aquáticos (por meio da redução da temperatura da água através da sombra sobre rios ou córregos e o fornecimento de alimentos para muitas espécies aquáticas).

O primeiro passo para a criação de um PSE aplicado a recursos hídricos é a identificação de que pelo menos o serviço ambiental está beneficiando algum agente interessado. Este agente deve ter uma disposição a pagar voluntária (valoração contingente) pela manutenção do fornecimento do serviço ou precisa existir algum instrumento legal impondo contrapartida. Porém, a implantação de sistemas de PSE não é simples, existindo diversos pré-requisitos e etapas a serem superados (King et al., 2005). É necessário evidenciar a relação de causa e efeito entre o fornecimento ou a melhoria de um serviço e um determinado tipo de uso do solo para se confirmar quem está fornecendo o serviço – muitas vezes essa relação é imprecisa (Landell-Mills & Porras, 2002).

Tais serviços são suficientemente importantes para os consumidores de água e para os habitantes das partes baixas da bacia. Com isto, tenta-se justificar a conservação ou a plantação de florestas, principalmente, em terras ribeirinhas (Myers, 1997).

Lamentavelmente, tais afirmações não se fundamentam em cálculos ou medições detalhadas dos impactos de alterações florestais fora do local. Os raros estudos detalhados existentes revelam que os impactos das florestas na quantidade e qualidade da água, na erosão, no assoreamento e nos níveis do lençol freático, bem como na produtividade aquática, dependem de muitas características específicas da área, incluindo: o terreno, a composição do solo, as espécies arbóreas, a associação entre vegetação, o clima e os regimes do manejo (Calder, 1999).

A legislação ambiental brasileira referente à Lei 9433/1997 dos recursos hídricos, como visto, é baseada nos princípios usuário-pagador e poluidor-pagador, que aceitam a alternativa de pagamento em caso de dano. Todavia, tem se delineado no cenário de discussões sobre o gerenciamento de recursos hídricos, o surgimento de um novo conceito, o princípio-protetor recebedor ou, ainda, provedor – recebedor, que seria complementar aos outros dois princípios (Faganello, 2007).

O princípio poluidor-pagador, na medida em que induz os agentes poluidores a diminuírem os seus despejos ao corpo receptor para evitar a cobrança (e, assim, internalizando os custos de controle da poluição), constitui no principal princípio de gestão de recursos hídricos no Brasil. O estabelecimento de um preço para a utilização do meio receptor em sua capacidade assimilativa de resíduos força os agentes poluidores a uma moderação no uso, racionando o recurso ambiental entre as diversas utilizações, ao mesmo tempo em que possibilita assegurar o seu uso sustentável a longo prazo (Zorzi et al., 2004).

O princípio protetor-recebedor prega o pagamento por serviços ecossistêmicos (PSE) relacionados com clima, biodiversidade e recursos hídricos. De acordo com esse princípio do protetor-recebedor, o agente público ou privado que protege um bem natural em benefício da comunidade, devido à práticas que conservam a natureza, deve receber como incentivo pelo serviço de proteção ambiental prestado. São exemplos de tais benefícios: a compensação – a transferência de recursos financeiros dos beneficiados de serviços ambientais para os que, devido a práticas que conservam a natureza, fornecem esses serviços; o favorecimento na obtenção de crédito; a garantia de acesso a mercados e programas especiais; a isenção de taxas e impostos e a disponibilização de tecnologia e capacitação, o pagamento pelo custo de oportunidade, reflorestamentos, entre outros (Faganello, 2007).

A Lei Federal nº 9.985/2000, no seu artigo 47, traz em seu bojo a figura do protetor-recebedor, prevendo o pagamento por serviços ecossistêmicos prestados por unidades de conservação.

*Art. 47. O órgão ou empresa, público ou privado, responsável pelo abastecimento de água ou que faça uso de recursos hídricos, beneficiário da proteção proporcionada por uma unidade de conservação, deve contribuir financeiramente para a proteção e implementação da unidade, de acordo com o disposto em regulamentação específica.*

Os custos de oportunidade são mensurados levando-se em conta o consumo de bens e serviços que foi abdicado. Por exemplo, restrições ao uso da terra em unidades de conservação impõem perdas de geração de receita, visto que atividades econômicas são restritas *in-situ*. A renda líquida abdicada pela restrição destas atividades é uma boa medida do custo de oportunidade associado com a criação desta unidade de conservação ou restrição do uso do solo na atividade agropecuária. O uso de renda líquida decorre do fato de que a renda bruta destas atividades sacrificadas tem que ser deduzida dos seus custos de produção, que também restringem recursos para a economia. De fato, a renda líquida significa a receita líquida provida pelas atividades sacrificadas e representaria, assim, o custo de oportunidade da conservação (Motta, 1998).

#### **4.4.4. Externalidades Ambientais**

Segundo Pearce (1990), as externalidades surgem por divergência entre interesses sociais e privados: os livres mercados seriam baseados num estreito interesse pessoal, onde o gerador da externalidade não tem qualquer incentivo para contabilizar os custos que impõe a terceiros. Se a externalidade for negativa, há maior produção desta pelo agente gerador, em equilíbrio competitivo, do que seria socialmente desejável.

De acordo com Motta & Young (1995) do ponto de vista microeconômico, a degradação dos recursos de fluxo pode ser vista como um custo externo (externalidade) oriunda de uma utilização do recurso que implique perda de sua qualidade.

O problema central da alocação ineficiente de um recurso natural como a água reside em que está é um bem público, cujos direitos de uso não estão claramente definidos, de modo que os usuários tendem a subestimar o seu valor. Em conseqüência, todo bem subestimado tende a ser super utilizado. Ao decidir quanto consumir, cada usuário dos recursos hídricos não toma em consideração o efeito que suas decisões de consumo provoca sobre os demais usuários do sistema. Isto é, o usuário dos recursos hídricos estabelece um padrão de consumo ineficiente, sob o ponto vista paretiano, visto que a sua decisão de consumir afeta o nível de utilização dos demais usuários do sistema hídrico. Nesse sentido, cada usuário causa um efeito externo (ou, simplesmente, externalidade) aos demais usuários do sistema, o qual não é levado em consideração nas decisões individuais de consumo Fernandez & Guarrido (2002).

Diante de tais circunstâncias, os resultados – sejam positivos ou negativos- dos usos feitos por agentes econômicos de bens e serviços de domínio público constituíram-se em externalidades da atividade econômica. Fundamentais no arcabouço teórico neoclássico, as externalidades são definidas por esse paradigma como os efeitos gerados pela atividade de um agente econômico sobre outrem afetando, assim, sua função de utilidade e, por conseguinte, o próprio equilíbrio do mercado. A alteração da situação de equilíbrio afastaria o mercado do ótimo de Pareto, causando distorções na distribuição dos recursos e das rendas entre produtores e consumidores. Nesse sentido, no caso de bens e serviços ambientais, ao provocar algum tipo de prejuízo que se transformasse em custos excedentes para outro, o agente em questão estaria produzindo externalidade negativa, afastando o mercado de seu ponto ótimo de alocação dos recursos (Martins & Felicidade, 2004).

A externalidade ambiental surge quando uma atividade econômica gera uma degradação ou benefício ao ambiente. Uma externalidade ambiental pode ser positiva, por exemplo, quando uma atividade agrícola adota práticas conservacionistas que reduz a

produção de sedimentos no exutório da microbacia, melhorando a qualidade de água captada para abastecer a terceiros. Uma externalidade pode ser negativa, por exemplo, quando um agricultor utiliza práticas de cultivo como a aração morro abaixo na parte alta da microbacia o que produz sedimentos que são carreados para o corpo hídrico da microbacia reduzindo a qualidade de água para consumo na parte baixa da microbacia.

#### **4.4.5. Valoração Contingencial pela Disposição a Pagar**

A maioria das técnicas de valoração dos serviços ambientais, que não apresentam preços de mercado, são associadas à teoria microeconômica do bem-estar, através do desenvolvimento de métodos de análise social de custo-benefício. Estas técnicas de valoração buscam captar preferências das pessoas pelos bens ambientais. Segundo a teoria microeconômica neoclássica, as preferências individuais são captadas pela disposição a pagar (DAP) por um certo bem ou serviço. Quando se compra um bem, é indicada a disponibilidade a pagar expressa na troca de recursos monetários por bens. Assim, a decisão dos indivíduos de pagar valores monetários por certos bens e não por outros tem como base as preferências individuais e a busca de maximização do bem-estar individual (Young & Fausto, 1997).

Atribuir um valor social aos bens e serviços a partir das preferências dos indivíduos que são expressas pela disposição a pagar destes implica aceitar uma ponderação das preferências individuais pela distribuição de renda. Como a disposição a pagar de cada indivíduo depende do seu poder de compra, então, derivar a preferência da sociedade através da disposição a pagar dos indivíduos implica em aceitar a distribuição de renda corrente como forma aceitável de ponderar preferências individuais (Young & Fausto, 1997).

Diversos métodos são utilizados por economistas ecológicos na aferição do valor de bens e serviços dos ecossistemas, para medir direta ou indiretamente o valor agregado à economia humana e da natureza. Um deles é o Método de Valoração Contingente – MVC (Motta, 1998). A variável enfatizada pelo MVC é o tempo. Essa variável parece a mais indicada na estimativa e nos referenciais ao valor dos ecossistemas, seja no tempo necessário ao seu surgimento, na resiliência ou no tempo de trabalho voluntário destinado a atividades de recuperação ou preservação, considerando aí, também, a percepção ambientalista do cidadão. Ao destinar voluntariamente parte do seu trabalho a essas atividades, o cidadão está contribuindo para uma externalidade positiva (ou internalizando uma externalidade negativa, conforme o caso) que, diferentemente do produto capitalista, será apropriada direta ou indiretamente por todos (Fonseca & Drummond, 2003).

O objetivo do MVC é valorar bens extra-mercado, ou ofertas tão próximas caso houvesse mercado para o bem em questão. O mercado hipotético, o entrevistador, o questionário e o entrevistado devem estar o mais próximo possível de um mercado real. O entrevistado deve conhecer ou ser bem esclarecido a respeito do bem a ser valorado e, caso esse bem não possa ser visualizado, devem ser destacadas as suas características gerais, com, e sem, os níveis particulares de poluição (Pearce & Turner., 1990). Igualmente, os entrevistados devem entender bem os meios de pagamentos hipotéticos (impostos, taxas, contribuições diretas a ONG's) através dos quais seriam materializadas as ofertas. Por exemplo, na entrevista, o entrevistador sugere a primeira oferta, ponto de partida para que o entrevistado aceite ou recuse aquilo que se dispõe a pagar, seguindo-se procedimento interativo, aumentando-se o valor inicial, para ver se o entrevistado ainda está disposto a pagar, até que ele declare não estar disposto a pagar mais que o último valor oferecido.

## **4.5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.5.1. Valoração dos Serviços Ambientais da Floresta de Mata Atlântica**

#### **a) Valoração da qualidade da água pelo custo de tratamento**

Uma das hipóteses geralmente levantadas sobre a cobertura vegetal natural é que a presença de florestas influencia positivamente na qualidade da água. Sob este aspecto, dois indicadores de qualidade de água foram utilizados nesse estudo para expressar o resultado do papel protetor da cobertura florestal nas microbacia Gloria e Palmital, a turbidez e os sólidos totais.

O sulfato de alumínio é utilizado no tratamento de água para abastecimento humano para reduzir a turbidez e a quantidade de sólidos totais. Sendo assim, o resultado da turbidez e sólidos totais analisados para cada microbacia, foi comparado aos limites definidos pela resolução nº 357 do CONAMA, a fim de verificar a necessidade de utilização do sulfato de alumínio por m<sup>3</sup> de água. E desta maneira foi valorado esse serviço ambiental.

#### **b) Valoração do custo de oportunidade**

A valoração do custo de oportunidade foi feita considerando a renda que um hectare de pastagem deixaria de gerar quando convertida para floresta. Foram aplicados questionários (no anexo) aos proprietários de áreas de pecuária nas microbacias. Na microbacia Gloria foram entrevistados quatro (4) proprietários e em Palmital três (3).

#### **c) Valoração dos serviços ambientais da Mata Atlântica pela disposição a pagar dos demandantes**

Foi utilizado o método de valoração contingencial, que capta a disposição a pagar por um determinado serviço ambiental. Para isso, foi aplicado questionário (em anexo) em todas as casas dos usuários da água captada nas microbacias Gloria e Palmital. Foi identificada a disposição a pagar pelo consumo médio mensal de cada microbacia e, desta forma, valorado o serviço ambiental da floresta de Mata Atlântica na qualidade da água.

Dentre os usuários de água da microbacia Gloria foram entrevistados 47 moradores, sendo um em cada residência de um total de 152. Dos usuários da água captada na microbacia Palmital foram entrevistados 39 moradores, um em cada residência em um total de 102.

#### **d) Valoração dos serviços ambientais da área de proteção ambiental do Sana-Macaé**

Buscando-se valorar os serviços ambientais voltados a principal atividade econômica da APA do Sana, o ecoturismo, aplicou-se o modelo de valoração contingencial. Foi aplicado um questionário (em anexo) setorizando os diferentes visitantes/turistas na área de proteção ambiental do Sana, em Macaé (RJ). No total, 102 pessoas foram entrevistadas, no mês de dezembro que é a época de maior fluxo de turistas na região.

### **4.5.2. Avaliação dos Resultados de Valoração dos Serviços Ambientais**

Para a valoração ambiental do custo de oportunidade e da disposição a pagar dos demandantes dos serviços ambientais foi utilizada a metodologia descrita em Veiga (2008). Em relação à valoração dos serviços ambientais foram utilizados os valores médios dos dados obtidos dos questionários.

## 4.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.6.1. Valoração dos Serviços Ambientais

A valoração ambiental nas microbacias teve como fundamento estabelecer um mercado onde se atribui um valor aos serviços ambientais relacionados à água, considerando o custo de tratamento desta. Assim, foi valorado o quanto o consumidor (demandante) deste produto, no caso a água, estaria disposto a pagar e proposto o uso da figura do protetor-recebedor, valorando-se o custo de oportunidade somado ao custo de reflorestamento das áreas potenciais nas microbacias para fornecer os serviços ambientais.

#### a) Valoração do serviço ambiental da Mata Atlântica pelo custo de tratamento da água

Para tal foram utilizados os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Os indicadores utilizados para a valoração foram a turbidez e sólidos totais. O valor máximo permitido de turbidez para água é de 5 UNT. De acordo com os valores de turbidez na Figura 17, na microbacia Gloria, nos meses de janeiro, setembro, novembro e dezembro, a água apresentou turbidez média mensal acima do limite DE 5 UNT.

Segundo Hassegawa (2007) o custo do m<sup>3</sup> de água tratada com sulfato de alumínio é de US\$ 4,80. A quantidade de sólidos totais máxima permitida para água é de 1000 mg/L. Nos meses avaliados, de acordo com a Figura 16, a quantidade de sólidos totais ficou abaixo de 1000 mg/L, portanto, não sendo necessária aplicação de sulfato de alumínio.

#### b) Valoração do custo de oportunidade

Foram entrevistados todos os proprietários de áreas agrícolas e florestais nas microbacias Gloria e Palmital. Dentre os proprietários entrevistados na microbacia Gloria, dois imóveis localizam-se no terço inferior da microbacia e dois no terço superior. Na microbacia Palmital dois proprietários localizaram-se no terço inferior e um no terço superior. Dentre os entrevistados a maioria declarou ter apenas o ensino médio incompleto. A faixa etária dos entrevistados na microbacia Gloria variou de 38 a 56 anos e na Palmital de 42 a 52 anos. As famílias na microbacia Gloria possuíam de 4 a 8 membros e na Palmital de 5 a 9.

Em relação à renda anual por hectare, base para o custo de oportunidade, foi feita uma aproximação conjunta com o proprietário da renda bruta. Aqueles localizados na parte baixa da microbacia Gloria e Palmital declararam ter uma renda de R\$ 60,00/ha/ano. Enquanto que aqueles instalados na parte alta das microbacias declararam uma renda de R\$ 50,00/ha/ano.

A maioria dos proprietários declarou que a presença da floresta era fundamental para manutenção da qualidade e a quantidade da água nas microbacias. No entanto, todos os proprietários declararam que a pastagem não afetava de forma negativa a manutenção da quantidade e a qualidade da água nos córregos das microbacias.

Os proprietários da parte alta, em ambas as microbacias, declararam que aceitariam receber R\$ 50,00/ha/ano e na parte baixa aceitariam o valor de R\$ 60,00/ha/ano. Todos os proprietários foram enfáticos em dizer que caso fosse feito um contrato permanente, para pagamento por serviços ambientais prestados, a forma ideal de pagamento seria a mensal. Todos os proprietários preferiram que o contrato e o pagamento fossem feitos pela Prefeitura Municipal.

**Tabela 17:** Valoração dos custos de oportunidade com os fornecedores de serviços ambientais.

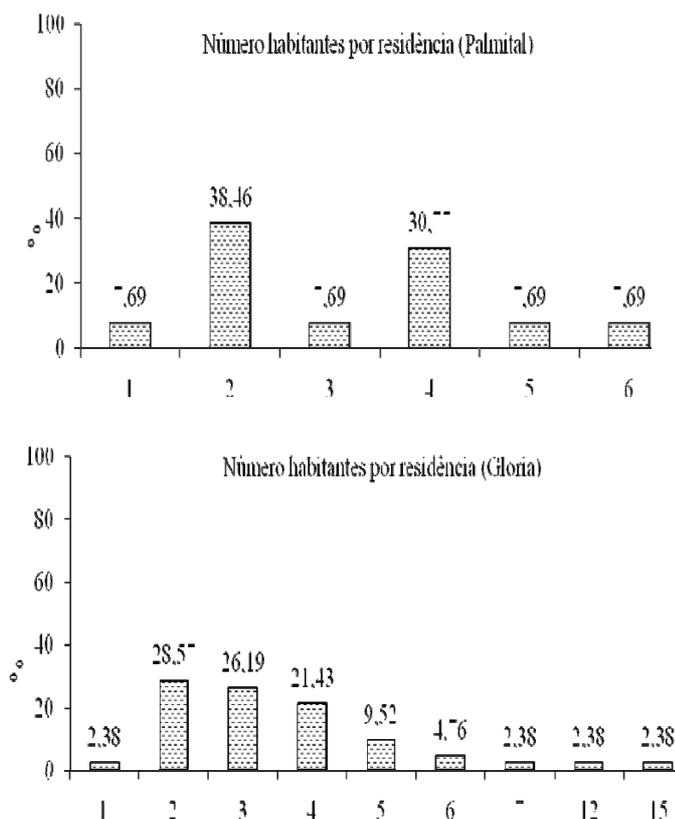
Variáveis	Gloria	Palmital
Número de entrevistados	4	3
Faixa etária	38 a 56	42 a 52
Nº membros por família	4 a 8	5 a 9
Custo oportunidade (R\$/ha/ano)	55,00	55,00

**c) Valoração dos serviços ambientais da Mata Atlântica na qualidade da água pelos usuários/demandantes**

Foram entrevistadas pessoas em um total de 47 residências, sendo um indivíduo por residência dentre os usuários de água captada na microbacia Gloria, de um total de 152. Em relação aos usuários de água captada na microbacia Palmital foram entrevistados moradores em 39 residências, um indivíduo por residência de um total de 102.

**d) Características sócio – econômicas**

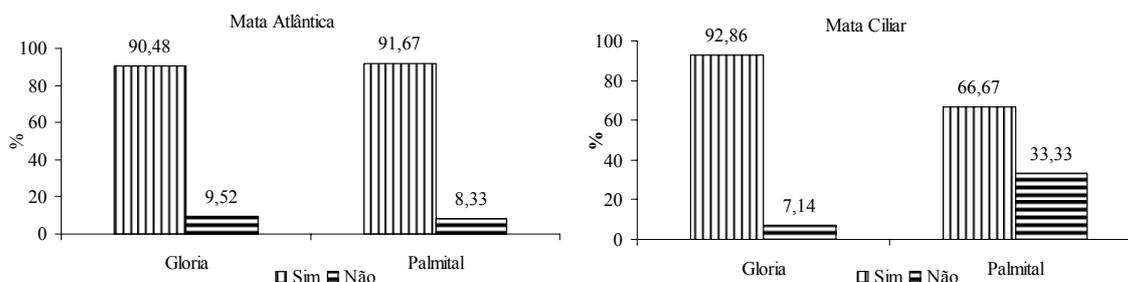
Os usuários da água da microbacia Gloria foram entrevistados quanto ao número de pessoas que residem em sua casa. Os resultados indicam predomínio da faixa entre 2 a 4 habitantes, que somados correspondem a 76,2% da população local. Quanto aos usuários da água da microbacia Palmital, houve predomínio da faixa de 2 a 4 habitantes, que somados correspondem a 69,2% dos residentes (Figura 22).



**Figura 22:** Percentual do número de habitantes por residência dos usuários de água captada nas microbacias Gloria (a) e Palmital (b).

### e) Percepção ambiental dos usuários

A Figura 22 apresenta o percentual de usuários de água captada nas microbacias em questão que consideram que a manutenção da Mata Atlântica mantém a qualidade da água que consomem. A percepção ambiental dos usuários de água das duas microbacias, quanto aos serviços ambientais da Mata Atlântica e da Mata ciliar na manutenção da qualidade da água consumida por eles foi satisfatória em ambas as microbacias (Figura 23). Este fato hipoteticamente facilitaria uma cobrança pelos serviços ambientais destes usuários.



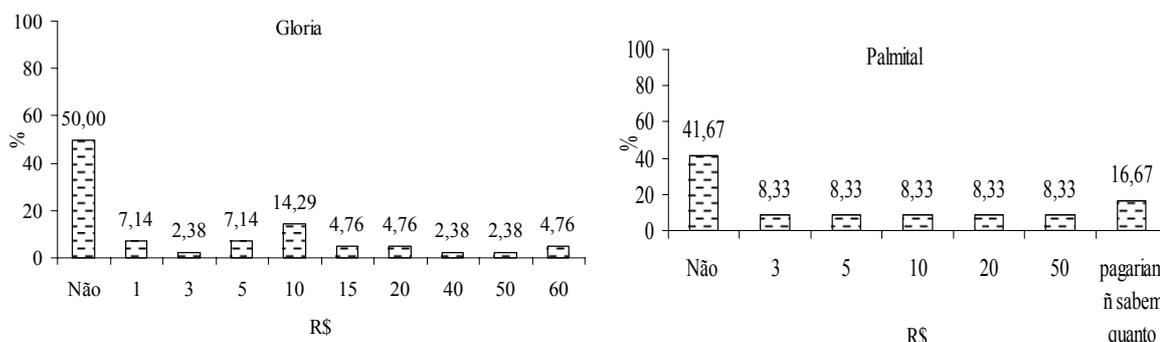
**Figura 23:** Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital consideram que a manutenção da Mata Atlântica e a Mata Ciliar mantêm a qualidade da água que consomem.

### f) Disposição a pagar dos usuários

Os usuários de água da microbacia Gloria foram entrevistados sobre quanto estariam dispostos a pagar, por mês, para reflorestar a área de captação de água. Dentre eles, 50% responderam que não pagariam nada e os demais pagariam em média R\$ 22,66. Já dos usuários da água da Palmital, 41,7% responderam que não pagariam nada e 16,7% pagariam mas não especificaram quanto, e os demais responderam que pagariam R\$ 17,60 (Figura 24).

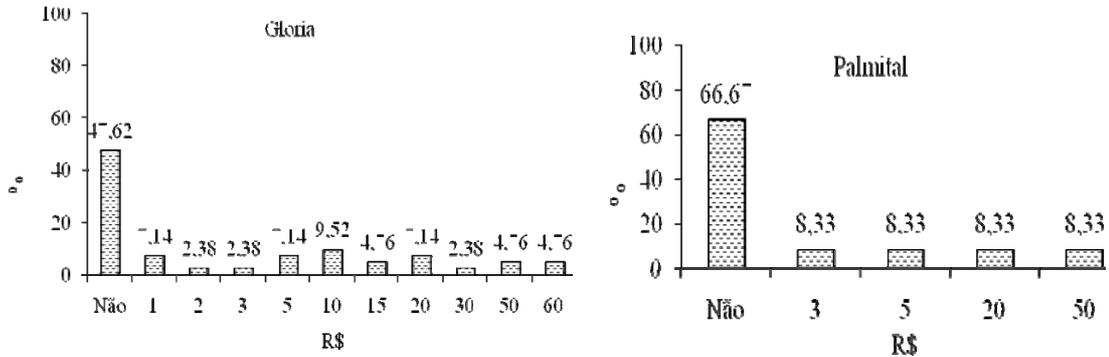
O percentual de usuários de água de ambas microbacias dispostos a não pagar nada foi próximo ao valor observado por Mattos et al. (2007). Esses autores encontraram que 45% não estavam dispostos a pagar alguma quantia para a recuperação e, ou, conservação das áreas de preservação ambiental, da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, no município de Viçosa, MG. Os mesmos autores obtiveram disposição a pagar média mensal de R\$ 27,98, valor próximo ao encontrado para as duas microbacias estudadas.

Observa-se que o reconhecimento dos serviços ambientais é perceptível, mas quando se pergunta um valor, metade dos usuários se negam. Percebe-se ainda a necessidade de enfatizar abordagens como a da educação ambiental antes de introduzir sistema de pagamento por serviços ambientais.



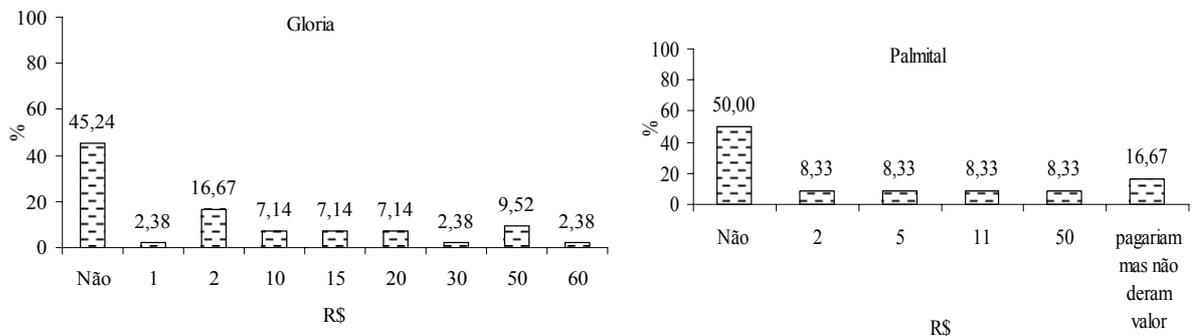
**Figura 24:** Disposição a pagar, para criar fundo de reflorestamento para os locais de captação de água para abastecimento.

Os usuários da água da microbacia Gloria foram entrevistados sobre quanto estariam dispostos a pagar, mensalmente, para criar fundo para reflorestamento da Mata Ciliar, principal responsável pela preservação da área de captação da sua água. Dentre eles, 47,6% responderam que não pagariam nada e o restante que pagariam uma media mensal de R\$ 19,60. Já quanto aos usuários da água do Palmital, 66,7% responderam que não pagariam nada e o restante que pagariam R\$ 19,50 (Figura 25).



**Figura 25:** Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para um fundo, para reflorestar a Mata Ciliar (onde é captada sua água).

Quando perguntados quantos estariam dispostos a pagar, mensalmente, para um fundo, para que os proprietários de áreas com preservação de Mata Atlântica onde e captada sua água, aos usuários da captação na microbacia Gloria, 45,3% responderam que não pagariam nada e 54,7% pagariam uma media de R\$ 11,00 mensais. Na microbacia Palmital, 50% disseram que não pagariam nada; 16,7% pagariam, mas não souberam dizer o quanto. E ainda 33,3% pagariam uma média de R\$ 30,50 mensais (Figura 26).

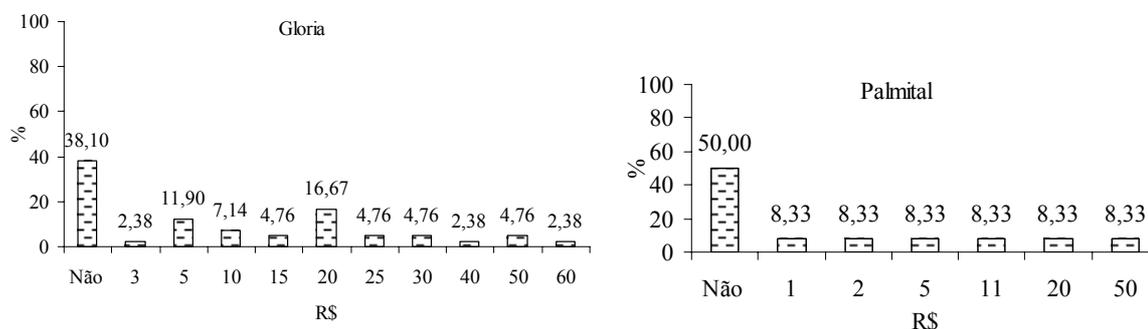


**Figura 26:** Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para um fundo para que os proprietários de áreas com Mata Atlântica (onde e captada sua água) preservassem a Mata.

Perguntados quanto estariam dispostos a pagar, mensalmente, para ter água de boa qualidade e em quantidade suficiente para a família os usuários da captação na microbacia Gloria, 38,10% responderam que não pagariam nada e 61,9% pagariam uma media de R\$ 12,80 mensais. Quanto aos usuários da captação da microbacia Palmital, 50% responderam que não pagariam nada e 50% que pagariam uma média de R\$ 47,33 mensais (Figura 27).

Gonçalves (2003), analisou a disposição a pagar média mensal dos usuários de água captada no Parque Estadual da Pedra Branca-RJ, pelo método de valoração contingente e observou um valor de R\$ 33,75, valor intermediário em relação ao valor obtido na microbacia Gloria e o obtido na microbacia Palmital.

Percebe-se que, embora haja uma boa percepção sobre os serviços ambientais pelos usuários das microbacias, ao se confrontar com a questão de pagar, seja para reflorestar ou pela água em suas residências, existe uma grande parcela que não está disposta a tal.



**Figura 27:** Percentual dos usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital e a disposição a pagar, mensalmente, para ter água de boa qualidade e em quantidade suficiente para as necessidades da família.

As microbacias Gloria e Palmital abastecem 152 e 120 residências, respectivamente. O número médio de habitantes por residência foi de 4, para os usuários de água captada em cada microbacia. De acordo com dados do relatório sobre sistema nacional de informações sobre saneamento (2002), o consumo médio por dia de água por uma pessoa é de 0,232 m<sup>3</sup>. Multiplicando-se o número de habitantes por residência pelo volume de água consumido por pessoa temos 0,928 m<sup>3</sup>/residência/dia ou 27,84 m<sup>3</sup>/residência/mês.

De acordo com as análises de turbidez e sólidos totais a microbacia Palmital não necessitaria de tratamento com sulfato de alumínio. Dos meses avaliados na microbacia Gloria, quatro meses não se enquadraram na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Nesse caso, a aplicação de sulfato de alumínio geraria um custo de R\$ 4,80 (preço de sulfato de alumínio para 1 m<sup>3</sup>) x 27,84 m<sup>3</sup>/residência/mês = U\$ 133,63 que transformado para reais daria R\$ 318,04 para cada residência por mês.

A água captada nas microbacias Gloria e Palmital é motivo de discussão entre os usuários e a Prefeitura de Macaé, que vem tentando tratar a água e cobrar por ela. Uma alternativa seria em não tratar a água, mas reflorestar. Apresentam-se dois cenários, um o de reflorestar todas as áreas de pastagem e o outro somente a área obrigatória pelo Código Florestal, correspondente às Áreas de Preservação Permanente (APP). O custo de recuperação envolveria o de reflorestamento mais o de oportunidade de áreas de pastagem. De acordo com dados obtidos junto ao IEF-RJ, em projeto realizado na bacia do Rio Macaé o custo de reflorestar um (1) ha é de R\$ 3.570,00, que foi somado ao custo de oportunidade obtido em cada microbacia. Desta forma, na microbacia Gloria daria um custo de R\$ 3.625,00.

Para reflorestar toda a microbacia Gloria, na sua área com pastagem, seria necessário o reflorestamento de 162,88 hectares, com custo total de R\$ 590.440,00. Apenas nas áreas de preservação permanente seria necessário o reflorestamento de 63,73 ha, o que daria um custo de R\$ 231.021,30. Para a microbacia Palmital, o reflorestamento de toda a área de pastagem representaria 46,12 ha, com o custo de R\$ 164.648,40. Caso fosse necessário o reflorestamento somente das APPs, área de 9,79 ha, teríamos o custo de R\$ 34.950,30.

Com base na disposição a pagar pelo reflorestamento, considerando os usuários diretos da água captada na microbacia Gloria, que dispuseram a pagar um valor médio mensal de R\$ 22,66, que multiplicado pelo número de residências abastecidas daria R\$ 3.444,32 por mês, o qual convertido por ano daria R\$ 41.331,81 por ano. Este valor permitiria reflorestar 11,40 hectares. Isto faria com que fossem necessários 14,3 anos para reflorestar todas as áreas de pastagem da microbacia Gloria. Já para reflorestar e adequar as APPs, nas áreas ocupadas com pastagens (63,73 ha), seriam necessários em torno de 5,6 anos.

Utilizando a disposição a pagar pelo reflorestamento pelos usuários diretos da água captada na microbacia Palmital, que dispuseram a pagar um valor médio mensal de R\$ 17,60, que multiplicado pelo número de famílias abastecidas daria R\$ 2.112,00 por mês, o qual convertido por ano daria R\$ 21.120,00 e permitiria reflorestar 5,8 ha. Desta forma seria necessário reflorestar em toda microbacia Palmital 46,12 ha de pastagem, com um tempo estimado de 7,9 anos. Para reflorestar somente as APPs, nas áreas ocupadas pela pastagem (9,79 hectare), seriam necessários em torno de 1,7 anos.

**Tabela 18:** Base de cálculo para a valoração dos serviços ambientais e de recuperação das microbacias Gloria e Palmital

	<b>Gloria</b>	<b>Palmital</b>
Nº residências abastecidas	152	120
Custo tratamento sulfato de alumínio (residência/mês/R\$)	318,04	0,00
Custo reflorestamento + custo oportunidade (R\$)	3625,00	3625,00
Área de pastagem (ha)	162,88	46,12
Custo de reflorestamento pastagem (R\$)	590.440,00	164.648,40
Área de pastagem nas APP (ha)	63,73	9,79
Custo de reflorestamento pastagem nas APP (R\$)	231.021,30	34.950,30

#### 4.6.2. Valoração Ambiental da APA do Sana na Perspectiva do Turista

##### a) Características sócio – econômicas

O perfil dos turistas identificados na APA do Sana foi predominantemente jovem. A maioria oriunda do Rio de Janeiro, com uma variação de menos de 1 ano a mais de 1,5 de tempo em que freqüentam a APA do Sana e, em geral, com boa renda (Tabela 19).

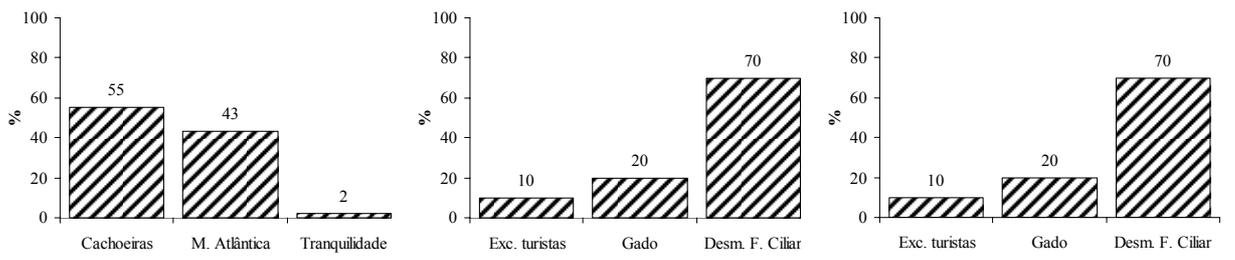
**Tabela 19:** Dados sócio-econômicos dos turistas entrevistados na APA do Sana.

<b>Dados sócio-econômicos dos turistas</b>					
Classe de idade (anos)	18 a 30 (45%)	30 a 50 (32 %)	50 a 75 (23 %)	—	—
Origem	Rio de Janeiro (47%)	S. Gonçalo (20%)	Búzios (13%)	C. Abreu (10%)	Macaé (10%)
Tempo que freqüenta (anos)	Menos de 1 (33%)	Um (20%)	Um e meio (13%)	Mais de 1,5 (37%)	—
Renda (salários)	1 (10%)	2 a 4 (20%)	4 a 5 (30%)	Mais de 5 (40%)	—

##### b) Percepções dos turistas em relação a APA do Sana

Entre os atrativos que fazem com que os turistas visitem a APA do Sana, destacou-se em primeiro lugar a cachoeira e em segundo lugar a beleza cênica da Mata Atlântica. De acordo com os turistas as principais degradações foram as dos rios e o desmatamento. E o principal agente de degradação identificado foi o desmatamento da faixa ciliar (Figura 28).

O turismo na APA do Sana tem como principal atrativo o circuito de cachoeiras do Peito do Pombo. Foi possível observar que, segundo ponto de vista do turista a Mata Atlântica e os rios e cachoeiras são recursos ambientais associados. Assim, em um futuro planejamento de ações e estratégias para angariar recursos financeiros para conservação ambiental da APA do Sana, qualquer abordagem deve unir esses dois temas.



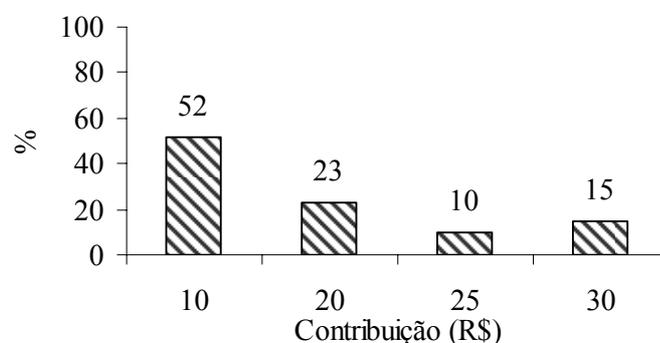
**Figura 28:** Atrativos, tipos de degradação e causas da degradação na APA do Sana segundo os turistas entrevistados.

### c) Contribuição voluntária pela recuperação da faixa ciliar

A APA do Sana enfrenta problemas ambientais e a falta de geração de renda para reversão destes problemas. A principal atividade econômica tem sido o turismo, que mudou o eixo econômico desta comunidade em que outrora havia o predomínio da agricultura.

Esta mudança conduziu a impactos econômicos e ambientais contraditórios. Como benefício econômico pode-se citar a criação de postos de trabalho e a maior entrada de recursos financeiros advinda dos acampamentos e pousadas. Como benefícios ambientais pode-se citar o abandono de queimadas e práticas agrícolas inadequadas em função do abandono da atividade agrícola. Por outro lado, houve o crescimento da população, pois turistas se fixaram no local. Ainda, com o aumento do turismo houve um impacto ambiental significativo com maior pressão sobre os recursos naturais. Assim, aliados aos benefícios vieram os problemas ambientais pelo elevado número de pessoas. Os principais problemas são o uso e desmatamento desordenado da faixa ciliar do Rio Sana e o lançamento de esgoto.

De acordo com diagnóstico realizado em 2004 sobre o déficit de cobertura florestal na faixa ciliar do rio Sana, foi estimada uma área de 190 hectares. Considerando o levantamento da contribuição voluntária dos turistas entrevistados para um fundo de conservação ambiental da APA do Sana, metade deles contribuiria com R\$ 10,00 e a contribuição média seria em torno de R\$ 21,25 (Figura 29). De acordo com informações da Secretaria de Turismo de Macaé, a APA do Sana possui um fluxo de 15.000 turistas por ano, o que permitiria estimar uma contribuição de R\$ 318.750,00/ano. Esse valor poderia ser usado para reflorestar o total de 89,30 hectares/ano. Como o déficit de cobertura florestal na faixa ciliar é de 190 ha, teríamos então o período de 2,12 anos para reflorestar toda a mata ciliar do Rio Sana.



**Figura 29:** Contribuição voluntária para um fundo para a conservação ambiental da APA do Sana de acordo com turistas entrevistados na APA do Sana.

#### 4.7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que com base no uso dos indicadores para valorar tratamento de água turbidez e quantidade de sólidos totais a microbacia Palmital, com maior percentual de cobertura florestal, não necessitaria de tratamento de água. De forma diferente, a microbacia Gloria, com predomínio de áreas de pastagem, necessitaria de tratamento.

A valoração dos principais serviços ambientais na APA do Sana poderia servir de base para discussão, junto ao seu conselho gestor, para incorporar cobranças voluntárias ou não pelo uso de serviços ambientais de alto interesse do ecoturismo como as cachoeiras. Os recursos auferidos poderiam ser utilizados em melhorias de infra-estrutura e em projetos de preservação dos responsáveis pelos serviços ambientais. Além de serem incorporadas ao plano de manejo da unidade de conservação.

Os resultados dos questionários aplicados indicaram que, com o valor indicado pela disposição a contribuir dos usuários, em um prazo de 2,2 anos poderiam ser feitos os investimentos necessários para recuperar toda a faixa ciliar do Rio Sana

As técnicas de valoração ambiental que foram aplicadas neste estudo devem ser reproduzidas em situações e ambientes semelhantes. Assim, será possível estimar os valores dos serviços ambientais e subsidiar as políticas de gestão ambiental das unidades de conservação em ambiente de Mata Atlântica quanto ao seu financiamento.

## **5. CONCLUSÕES GERAIS**

A adoção da microbacia como unidade de estudo permitiu o diagnóstico ambiental das características do meio físico. Através desse modelo foi possível evidenciar que as formas de manejo do solo nas microbacias Glória e Palmital, com pouco revolvimento do solo e baixa pressão de pastoreio, afetaram positivamente a qualidade e quantidade de água nas microbacias.

A valoração dos serviços ambientais da cobertura de Mata Atlântica, nas microbacias Glória e Palmital, permitiu identificar os diferentes segmentos envolvidos no mercado dos serviços ambientais que podem ser relevantes para o plano de manejo da APA do Sana.

Os serviços ambientais da Mata Atlântica na qualidade e quantidade de água em microbacias necessitam ser mais estudados, em especial a relação entre quantidade e tipo de cobertura florestal e indicadores para a valoração dos serviços ambientais.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Prefeitura de Macaé (RJ) vem tentando tratar quimicamente a água captada nas microbacias Glória e Plamital. O que é rejeitado pelos consumidores, que buscam alternativas ao simples tratamento químico da água e a cobrança pelo tratamento. Os resultados desse trabalho fornecem subsídios para solucionar o impasse entre os membros das comunidades do SANA e a Prefeitura. O monitoramento e a valoração dos serviços ambientais da Mata Atlântica nas microbacias Glória e Palmital mostraram que reflorestamento das microbacias pode garantir a manutenção da água, sem a necessidade de tratar a água quimicamente, e o valor financeiro de investimento em reflorestamento seria menor que o custo a médio e longo prazo do tratamento da água. Ainda, o reflorestamento nas microbacias da APA do Sana poderá garantir a perpetuidade dos serviços ambientais na qualidade e quantidade de água captada nestas microbacias para o consumo humano.

O modelo de valoração adotado tem grande potencial de replicação como instrumento econômico em programas para preservação de áreas de Mata Atlântica. Entretanto, são necessários mais estudos que elucidem o papel da Mata Atlântica como prestadora de serviços ambientais na manutenção da boa qualidade e quantidade de água em microbacias, nas diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro. Com a adoção no Estado do ICMS verde a partir de 2009, este estudo pode contribuir para orientar a forma de aplicação dos recursos financeiros captados com a adoção da figura do protetor-recebedor. A contribuição financeira pelos serviços ambientais da APA do Sana deve ser discutida junto ao seu conselho gestor e os resultados aqui obtidos indicam uma possível fonte de renda, a ser aplicada na manutenção destes serviços ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGER, K., & A. LIMA.. Políticas públicas e a fragmentação de ecossistemas. In: D.M. RAMBALDI.; D.A.S. OLIVEIRA (Ed.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. p.391-419, 2003
- ARAÚJO JUNIOR, A.A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do Rio Capivari – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Irriga**, v.7, n.2, p.33-40, 2002.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n.56, p.125-134, 1999.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; LIMA, W.P. Balanço de nutrientes  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $K^{+1}$  e  $NO_3^{-1}$  em bacia experimental com vegetação natural do Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cunha/SP. **IPEF**, n.31, p.61-67, 1985.
- APHA. AWWA. WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington D. C., p. 131-165, 1998.
- AZEVEDO NETO, J.M. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blucher, p. 345-380, 1973.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, p.123-130, 2002.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, p.345-356, 1999.
- BISHOP, J.; MILLS, N.L. Serviços Ambientais das Florestas: Informações Gerais. In: PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; MILLS, N.L. **Mercados para Serviços Ecossistêmicos**, Instituto Rede Brasileira Agroflorestal – REBRAAF, p.45-76, 2005.
- BLOISE, G.L.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; REATTO, A.; GUIMARÃES, R.F.; MARTINS, E.S.; CARVALHO, A.P.F. Avaliação da suscetibilidade natural à erosão natural dos solos da bacia do Olaria-DF, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa Cerrados**, Planaltina, v.14, p.1-33, 2001.
- BRASIL. Decreto Federal nº 5.746/06, de 5 de abril de 2006. Regulamenta o art. 21 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.
- BRAGA, R.A.P. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na Bacia do Corumbataí – SP**, Carlos, Tese (Doutorado). PPGERN, UFSC, 348p, 2005.
- BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blücher/CETESB, p.23-56, 1977.
- BOCHNER, J.K. **Serviços ambientais prestados pela Floresta de Mata Atlântica na qualidade do solo**. Monografia de graduação em Engenharia Florestal, UFRRJ, p.34-47, 2008.
- BROOKS, K.N.; FOLIOT, P.F.; GREGERSEN, H.M.; THAMES, J.L. **Hidrology and Management of Watersheds**. Arnes: Iowa State University Press, 392p, 1991.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D.P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo, **Maringá**, v.26, n.1, p.1-5, 2004.

CALDER, I. **The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Management**. London: Earthscan. P.123-145, 1999.

CÂMARA, C.D.; LIMA, W.P. Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental, **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 41-58, 1999.

CARDOSO, A.C.; DIAS, H.C.T.; MARTINS, S.V.; SOARES, C.P.B. Caracterização hidroambiental da Bacia do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30,n.2, p.249-256, 2006.

CASTRO, A.G. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 123p, 1992.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. UFES, Alegre, ES, 10p, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 264p, 2003.

DAILY, G. Introduction: what are ecosystem services? In. DAILY, G (Org.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington: Island Press, Cap. 1, p. 1-10, 1997.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo, 567p, 1996

DILL, P.R.J. **Assoreamento do reservatório do Vacacaí-Mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica contribuinte**. Santa Maria, Dissertação (Mestrado). UFSM, 125p, 2002.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**. V.25, N.1, Jan/Abr. p. 115-125, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de Análise de solo**, EMBRAPA/CNPS. Rio de Janeiro, RJ, 212p, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

EMBRAPA. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 412p, 1999.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 575p.

ELLIOT, W.J.; LIEBENOW, A.M.; LAFLEN, J.M.; KOHL, K.D. **A compendium of soil erodibility data from WEPP cropland soil field erodibility experiments: 1987 and 1988**. W. Lafayette, USDA-ARS, p.422-450, 1988.

FAGANELLO, C.R.F. **Fundamentação da cobrança pelo uso da água na agricultura irrigada, na microbacia do Ribeiro dos Martins, Piracicaba/SP**. Piracicaba, Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 134p, 2007.

- FERNANDEZ, J.C.; GUARRIDO, R.J. A racionalidade e os objetivos da intervenção pública na alocação dos recursos da água. In: FERNANDEZ, J.C.; GUARRIDO, R.J. (org.) **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, p. 65-75, 2002.
- FERNANDES, E.N.; FERNANDES FILHO, E.I.; SILVA, E.; SILVA, C.A.B.; RICARDO, J.F. EROSYS: sistema de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias, **Revista Brasileira de Agroinformática**, v.4, n.1, p.1-12, 2002.
- FRITZSONS, E.; HINDI, E.C.; MANTOVANI, L.E.; RIZZI, N.E. Conseqüências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. **Revista Floresta**. V.33, N. 2, p. 201-214, 2003.
- FONSECA, S.M. & DRUMMOND, J.A. O valor de existência de um ecossistema costeiro tropical através da disposição ao trabalho voluntário: o caso da Lagoa de Itaipu (Niterói, RJ). **Ambiente & Sociedade**, v.5. N.2. Campinas, 27p., 2003.
- FOSTER, G.R.; LANE, L.J. Beyond the USLE: advancements in soil erosion prediction. In: Boersma (ed.) **Future developments in soil science research**, Madison, Soil Sci. Am. Soc., p.315-326, 1987.
- GALINDO-LEAL, C. & I.G. CÂMARA. Atlantic forest hotspots status: an overview. In: GALINDO-LEAL, C. & I.G. CÂMARA (eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity. Status, threats, and outlook**. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C, p. 3-11, 2003.
- GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. S. F. Conceito para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, cap.1, p.3-13, 2003.
- GELUDA, L. & YOUNG, C.E.F. **Pagamentos por serviços ecossistêmicos previstos na Lei do SNUC – Teoria, Potencialidades e relevância**. In: III Simpósio de Áreas Protegidas, Pelotas, p34-49, 2005.
- GROOT, R.S.; WILSON, M.A.; BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, **Ecological Economics**, n. 41, p.12-19, 2002.
- GONÇALVES, C.S. **A disposição a pagar pela água como fundamento para investimento na proteção e recuperação de unidades de conservação: o caso do Parque Estadual da Pedra Branca, no Rio de Janeiro**. Niterói, Dissertação (mestrado). PPGCA, UFF, 95p. 2003.
- GONÇALVES, C.S.; RHEINHEIMER, D.S.; PELLEGRINI, J.B.R.; KIST, S.L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.9, N.3, p.391-399, 2005.
- HAAN, C. T. Parametric uncertainty in Hydrologic Modeling. Trans. of the ASAE, St. Joseph, 32 (1), p. 137-146, 1989.
- HATCH, A.B. **Some chemical properties of forest stream water in Western Austrália**. Perth: Forest Department (Bulletin, 89), 26p., 1976.
- KIELY, G. **Environmental Engineering**, 1 Ed. Boston, McGraw-Hill International Editions. 80p. 1998.
- KING, N.; LETSAOLO, A.; RAPHOLO, B. **Developing markets for Watershed protection services and improved livelihoods: A diagnostic for South África**. Institute for Environment and Development – HED, 157p. 2005. Disponível em: <http://www.iied.org/> Acessado em 06/05/2006.

- KIRA, T. & SAZANAMI, H. **Utilização de recursos hídricos e problemas de gerenciamento de lagos**. Japão. V.2, 6p. 1995.
- KUNTCHIK, G. **Aplicação da equação universal de perdas de solo na microbacia do Ribeirão das Araras, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 125p. 1996.
- HASSEGAWA, B.K.F. **Gerenciamento ambiental em estações de tratamento de água de médio porte: elaboração de um instrumento de análise ambiental e operacional com base na NBR ISSO 14001: 2004**. Dissertação (Mestrado). PPGRH, UFOP, 230 p. 2007.
- LAFLEN, J.M.; FOSTER, G.R. & ONSTAD, C.A. Simulation of individual storm soil loss for modeling the impact of soil erosion on crop productivity. In: EL SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C. & LO, A., eds. **Soil erosion and conservation**. Ankeny, Soil Conservation Society of America, p. 285-295, 1985.
- LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (Ed.). **Soil erosion research methods**. Washington: Soil and Water Conservation Society, p. 141-160. 1988.
- LANDELL-MILLS, N & PORRAS, T. I. **Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor**. Instruments for sustainable private sector forestry series. International Institute for Environment and Development, Londres, p.24-38, 2002.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Editora Átomo, p 444- 450. 2005.
- LIMA, W.P. & ZAKIA, M.J.B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série Técnica IPEF**, v.12, n. 31, p.53-64, 1998.
- LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.33-43, 2003.
- JOLLY, L.; CAITCHEON, G.; DONNELLY, T.; HAFNER, S. Physical and chemical indicators of water quality. In: WALKER, J.; REUTER, D.J. (Ed). **Indicators of Catchment Health: a technical perspective**. Melbourne: CSIRO, p.131-141. 1996.
- MACHADO, W.; STIPP, N.A.F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados - PR. **Geografia**, v.12, n.2, jul./dez, p12-18, 2003.
- MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M.P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L.R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Maringá**, v.24, n.5, p.1335 – 1340, 2002.
- MARTINS, O.S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**, São Carlos, Tese (Doutorado). PPGERN, UFSC, 128p. 2004.
- MATTOS, A.D.M.; JACOVINE, L.A.G.; VALVERDE, S.R.; SOUZA, A.L.; SILVA, M.L.; LIMA, J.E. Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.347-353, 2007.
- MARTINS, R.C.; FELICIDADE, N. Limitações da abordagem neoclássica como suporte teórico para a gestão de recursos hídricos no Brasil. In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R.C.; LEME, A. A. (org). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos, RIMA, p.17-38, 2004.

- MAURO, F. **Vazão e qualidade da água em manancial degradado do cinturão verde de Ilha Solteira – SP.** Ilha Solteira. Dissertação (Mestrado). UNESP. 95p. 2003.
- MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n.71, p.149-154, 2006.
- MENDES, J.C.T. & ZOTTELI, M.J. O Papel das Florestas na Conservação dos Recursos Hídricos, **Revista O Papel**, v.10, p.23-26, 2000 – Ano LXI. Disponível em: <http://www.ipef.br> , acesso em: 10 de maio de 2001.
- MENDONÇA, I.F.C.; LOMBARDI NETO, F.; VIÉGAS, R.A. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Uma, Sapé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.45-51, 2006.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. FONSECA & J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403: p.853-845. 2000.
- MYERS, N. The world's forests and their ecosystem services. In: DAILY, G (ed.), **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Washington: Island Press, 215-230, 1997.
- MONTEBELLER, C.A. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas do Estado do Rio de Janeiro. Seropédica, Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) – UFRRJ. 98f. 2005.
- MOREIRA, A. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: XI SBSR, 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais .... INPE**, p.1381-1389, 2003.
- MOTTA, R.S. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília, IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 95p. 1998.
- MOTTA, R.S.; YOUNG, C.E.F. Principais contribuições da literatura. In: MOTTA, R. S. da (Coord). **Contabilidade ambiental: Teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, p. 37-56, 1995.
- NEARING, M.A. A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, n.3, p.917-919, 1997.
- PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do Rio Taquarizinhos, **Boletim Paranaense de Geociências**, n.52, p.49-59, 2003.
- PEARCE, D.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 356p. 1990.
- PEREIRA, J.C. & MOLINARI, A. Experiências com microbacias em Santa Catarina. Resumo da mesa redonda. 5º Simpósio Nacional de Controle da Erosão. **Anais...** Boletim de Campo. Bauru, SP, p.85-88, 1995.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ (PMM). Diagnóstico ambiental da faixa ciliar do Rio Sana, Macaé-RJ, 80p. 2003.
- PINTO, L.V.A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, v.11, p.49-60, jan./mar. 2005.

- OKI, V.K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Piracicaba, Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 85p. 2002.
- O'LOUGHLIN, C. The forest and water relationship. **New Zealand Forestry**, v.39, n.3, p.26-30, 1994.
- ORTIZ, R.A. Valoração econômica ambiental. In: MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. **Economia do Meio Ambiente**, Editora Campus, p.81-99, 2003.
- RANZINI, M.; LIMA, W.P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, n.61, p.144-159, jun. 2002.
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A. & McCOOL, D.K. **Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. Washington, USDA-ARS. 140p. 1991.
- ROCHA, J.S.M.; KURTS, S.M.J.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 120p. 2001.
- SANTOS, A.P.; FORESTI, C.; NOVO, E.M.; NIERO, M; LOMBARDO, M.A. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra**. São Jose dos Campos: INPE-2261-MD/016-DSR/ANAMB. 61p. 1981.
- SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P.S.; MACEDO, M.N.C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG, **Revista Árvore**, v.31, n.5, Viçosa, p.60-67, 2007.
- SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER.J.; ANJOS. L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/SNLCS, 91p. 2005.
- SANTOS, S.C.; GARCIA, G.J. Diagnóstico do nível tecnológico e da exploração agropecuária em uma microbacia no estado de São Paulo: A bacia do Rio Passa-Cinco, **Estudos Geográficos**, n.1, v.2, p.25-44, Dezembro, 2003.
- SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA, 247p. 2004.
- SILVA, V.V. **Médio Vale do Paraíba do Sul: Fragmentação e vulnerabilidade dos remanescentes da Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado) - PPGCA, UFF. 169p. 2002.
- SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 243p.1996.
- SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. Atlas dos remanescentes florestais de Mata Atlântica período 2000-2005. São Paulo.150p. 2008.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica Brasileira, **Megadiversidade**, v.1, n.1, p. 132-138, jul/2005.
- TAMANINI, M.S.A. **Diagnóstico físico-ambiental para a determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do Rio Passaúna em Araucária-Paraná**. Dissertação (Mestrado), PPGG-UFPR, 156p. 2008.
- TAVARES, A.C.F.; MORAES, J.F.L.; ADAMI, S.F.; LOMBARDI NETO, F.; VALERIANO, M.M. Expectativa de degradação dos recursos hídricos com auxílio de sistemas de informações geográfica. **Maringá**, v.25, n.2, p.417-424, 2003.

- TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p.137-148, 2007.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.
- TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães – MG, **Revista Árvore**, v.30, n.5, p. 849 – 857, 2006.
- THORTON, W.K. Perspectives on Reservoir Limnology. In: THORTON, W.K.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds.) **Reservoir Limnology: ecological perspectives**. John Wiley and Sons, Inc. p.78-90, 1990.
- TUFFORD, D.L.; MC KELLAR JR., H.N.; HUSSEY, J.R. Stream non point source nutrient prediction with land-use proximity and seasonality. **Journal of Environmental Quality**. p.35-45, 1998.
- TURK, J.T. & ADAMS, D.B. Sensitivity to acidification of lakes in the flat tops wilderness area, Colorado. **Water Resources Research**, v.19, n.2, p.346-350, 1983.
- WEILL, M.A.M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I – Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p.801 – 814, 2008.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide selection of practices for soil and water conservation**. Washington, DC, USDA, 47p. 1965.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA, (Agricultural Handbook, 537), 58p. 1978.
- UFRRJ. **Manual de análise física e química de água**, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 98p. 2001.
- VEIGA NETO, F.C. **A construção de mercados para serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado). CPDA. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 380p. 2008.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.
- VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 246p. 1996.
- YOUNG, C.E.F.; FAUSTO, J.R.B. Valoração de recursos naturais como instrumento de análise da expansão da fronteira agrícola na Amazônia. Texto para discussão N<sup>o</sup> 490, **IPEA**, RJ, 32p. 1997.
- ZORZI, C.; HENDGES, E.R.; PEREIRA, R.S. **Curso de geoprocessamento**, Aplicativo SPRING. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais. RS, 280p. 2004.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1

#### Perfil 01

DATA DA COLETA - 01/09/06.

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Háplico Tb Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 791196 e W 7527952.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Médio da Encosta.

ALTITUDE – 450 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

#### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A - 0-15 cm; bruno (10YR 4/3 úmida); franco-arenosa; moderado; pequena; granular; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- AB - 15-26cm; bruno-escuro (10YR 4/3 úmida); franco-arenosa; forte, muito pequena; blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- BA - 26-41cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmida); franco-arenosa; forte, muito pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comuns.
- Bil - 41-68cm, bruno-amarelado (10YR 5/6 úmida); franco-arenosa; forte, pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa; raízes finas e comuns.
- BC - 94-128cm, bruno-amarelado (10YR 5/6 úmida); franco-arenosa; moderado; pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.
- CB - 128-175+ cm bruno-amarelado (10YR 5/6 úmida); franco-arenosa; fraco; pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; raízes raras e finas.



**Figura 30:** Detalhe do perfil de solo 1 (Cambissolo Háplico).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A. T.	Ar.	Si	A. N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A (0-15)	185	581	234	83	0,02	2,0	1,3	0,89	4,2	0,1	4,21
AB (15-26)	150	507	343	99	0,01	0,8	0,8	0,62	2,2	1,2	1,2
BA (26-41)	190	521	289	10	0,05	0,9	0,7	0,24	1,8	1,2	1,2
Bi1 (41-68)	255	505	240	138	0,01	1,0	0,4	0,09	1,5	1,0	1,0
Bi2 (68-94)	285	547	168	37	0,01	0,9	0,8	0,06	1,7	1,5	1,5
BC (94-128)	224	592	184	93	0,01	0,9	0,6	0,06	1,5	1,5	1,5
CB (128-175)	224	592	184	93	0,01	0,9	0,6	0,06	1,5	1,5	1,5
V	m	pH (1:2,5)			C. org			P		Valor T	
(%)		água			g.kg <sup>-1</sup>			mg.dm <sup>-3</sup>			
58	2	5,8			0,4			5		7,3	
35	3	5,6			0,0			2		6,3	
36	3	5,3			0,8			2		5,1	
42	40	5,1			0,5			2		3,6	
46	45	5,1			0,4			2		3,8	
36	48	4,5			0,2			3		4,3	
36	48	4,5			0,2			3		4,3	

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org.= carbono orgânico.

## Perfil 02

DATA DA COLETA - 01/09/06.

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Háplico Tb Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790323 e W 7527949.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Médio da Encosta.

ALTITUDE – 500 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A - 0-27 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; moderado; pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.
- AB -27-38 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); franco-arenosa; moderado, muito pequena e pequena; blocos subangulares; duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.
- Bi – 38 - 72cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); franco-arenosa; moderada, pequena e blocos subangulares; duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.
- BC – 72 - 100 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); franco-arenosa; moderado, muito pequena e blocos subangulares; fraco; ligeira friável, ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes raras e finas.
- Cr – 100+ cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida); franco-arenosa; moderado; pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro; friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.



**Figura 31:** Detalhe do perfil de solo 2 (Cambissolo Háplico).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A (0-27)	290	648	62	202	0,03	1,2	0,9	0,14	2,2	4,1	1,4
AB (27-38)	309	679	12	247	0,03	1,2	0,8	0,10	2,1	4,1	1,5
Bi (38-72)	326	677	0	267	0,03	0,8	0,7	0,06	1,5	2,8	1,6
BC (72-100)	256	579	165	118	0,03	0,9	0,9	0,05	1,8	2,1	1,8
Cr (100 +)	158	514	328	68	0,03	0,7	0,3	0,08	1,1	1,2	1,8
V	m	pH (1:2,5) água			C. org g.kg <sup>-1</sup>		P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T		
(%)											
36	38	4,9			1,2		3		6,3		
34	41	5,0			0,9		2		6,2		
36	50	5,5			0,8		2		4,3		
47	48	5,1			0,3		2		3,9		
48	61	5,1			0,2		2		2,3		

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org.= carbono orgânico.

### Perfil 03

DATA DA COLETA - 01/09/06.

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Psammítico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790452 e W 7528076.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Baixada.

ALTITUDE – 370 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Ondulado a Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pasto sujo.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0-18 cm; bruno-acizentado-escuro (10YR 4/3, úmida); areia-franca; forte, pequena, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes raras e finas.

AC -18-42 cm; bruno (10YR 4/4, úmida); areia-franca; moderado, pequena; blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta.

C1 – 42 – 63 cm; cor variegada (2,5YR 5/2, úmida); areia-franca; grãos simples; solta, solta, não plástica, não pegajosa; transição ondulada e abrupta.

2C2 – 63 - 80 cm; cor varigada (2,5YR 4/1, úmida); areia-franca; grão simples; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.



**Figura 32:** Detalhe do perfil de solo 3 (Neossolo Flúvico).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A (0-18)	150	642	208	40	0,13	2,4	1,6	0,16	4,2	3,8	0,2
AC (18-42)	117	649	234	32	0,03	1,9	0,7	0,05	2,6	2,8	0,3
C1 (42-63)	60	847	93	11	0,04	1,5	0,8	0,04	2,3	0,5	0,3
2C2 (63-80)	40	880	80	6	0,04	1,1	0,6	0,07	1,8	0,8	0,4
V (%)	m	pH (1:2,5) água		C. org g.kg <sup>-1</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T				
53	4	5,7		1,4	42		8,0				
49	10	5,6		0,8	8		5,4				
83	11	5,9		0,8	5		2,8				
69	18	5,7		0,4	12		2,6				

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org.= carbono orgânico.

#### **Perfil 04**

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 791867 W 7527539

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Superior da Encosta.

ALTITUDE – 900 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

#### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 - 0-22 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena; granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.

A2 -22-37 cm, bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.

AB - 37-50 cm, bruno (10YR 5/4, úmida); franco-arenosa; forte; muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.

BA - 50-82 cm, bruno (10YR 5/4, úmida); argilo-arenosa; forte, muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.

B1 - 82-106 cm, bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.

B2 – 106 – 143 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8 úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.

B3 – 143 – 180 cm, bruno-amarelado (10YR 5/8 úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.

Cr – 180+ cm, bruno-amarelado (10YR 5/8 úmida); franco-arenosa; grão simples; ligeiramente dura, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa



**Figura 33:** Detalhe do perfil de solo 4 (Latosolo Amarelo).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A1 (0-22)	233	661	106	191	0,03	1,0	0,7	0,12	1,8	5,4	0,7
A2 (22-37)	267	626	107	140	0,03	0,7	0,4	0,05	1,1	5,4	1,2
AB (37-50)	397	491	112	334	0,03	0,8	0,3	0,06	1,1	5,4	1,4
BA (50-82)	481	416	103	387	0,02	0,7	0,3	0,05	1,0	5,0	1,2
B1 (82-106)	536	342	122	05	0,01	0,6	0,3	0,07	0,9	5,0	1,2
B2 (106-143)	553	356	91	05	0,01	0,6	0,3	0,04	0,9	5,0	1,1
B3 (143-180)	422	414	164	01	0,00	0,2	0,1	0,08	0,3	5,0	1,6
V (%)	m	pH (1:2,5) água			C. org g.kg <sup>-1</sup>		P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T		
25	27	5,1			1,1		0		7,3		
18	50	4,8			1,1		0		6,6		
18	54	5			1,0		0		6,6		
18	52	5,1			0,5		0		6,0		
17	55	5			0,4		0		5,9		
16	53	5			0,3		0		5,9		
7	80	5,2			0,2		3		5,3		

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org= carbono orgânico.

### **Perfil 05**

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO (Tradagem).

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790787 e W 790787.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Baixada.

ALTITUDE – 370 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Ondulado a Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pasto sujo.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A - 0-19 cm; bruno-acizentado-escuro (10YR 4/3, úmida); areia-franca; forte, pequena, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes raras e finas.
- AC - 19-30 cm; bruno (10YR 4/4, úmida); areia-franca; moderado, pequena; blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta.
- C1 - 30-40 cm; cor variegada (2,5YR 5/2 úmida); areia-franca; grãos simples; solta, solta, não plástica, não pegajosa; transição ondulada e abrupta.
- 2C2 - 40-56 cm; cor variegada (2,5YR 4/1 úmida); areia-franca; grão simples; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.
- 3C2 - 56-80 cm, cor variegada (2,5YR 4/1 úmida); areia-franca; grão simples; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.



**Figura 34:** Detalhe do perfil de solo 5 (Neossolo Flúvico).

### **Perfil 06**

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO (Tradagem).

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Gloria (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790776 W 7528049.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Superior da Encosta.

ALTITUDE – 800 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 - 0-18 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena; granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.

AB - 18-30 cm; Bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.

BA – 30-47 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); franco-arenosa; forte; muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.

Bi1 – 47-64 cm; Bruno (10YR 5/4, úmida); argilo-arenosa; forte, muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.

Bi2 – 64-80+ cm; bruno-amarelado (10YR 5/8 úmida); argilosa; Forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.



**Figura 35:** Detalhe do perfil de solo 6 (Cambissolo Háplico).

## Perfil 07

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Palmital (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790050 W 7529791.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Superior da Encosta.

ALTITUDE – 900 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 -0-17 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena; granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- A2 - 17-33 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-arenosa; forte; pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- AB - 33-50 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); franco-arenosa; forte; muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum.
- BA - 50-69 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); argilo-arenosa; forte, muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual; raízes muito finas e comum.
- B1 - 69-123 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual; raízes finas e comum.
- B2 - 123-162 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa; raízes poucas e finas.
- B3 -162-173 +cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.



**Figura 36:** Detalhe do perfil de solo 7 (Argissolo Amarelo).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A1 (0-17)	158	704	138	105	0,00	0,3	0,6	0,14	1,0	4,1	0,9
A2 (17-33)	193	640	167	152	0,00	0,2	0,3	0,07	0,5	6,4	1,6
AB (33-50)	320	498	182	261	0,00	0,1	0,5	0,04	0,6	6,1	1,2
BA (50-69)	338	489	173	264	0,00	0,4	0,1	0,05	0,5	6,1	1,2
B1 (69-123)	373	487	140	40	0,00	0,1	0,3	0,03	0,4	5,0	1,5
B2 (123-162)	429	426	145	07	0,00	0,1	0,1	0,05	0,2	4,5	1,6
B3 (162-173)	531	397	72	07	0,00	0,3	0,2	0,04	0,5	4,6	1,1
V (%)	m	pH (1:2,5) água		C. org g.kg <sup>-1</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T				
20	44	4,9		0,9	0		5,1				
8	73	4,7		0,9	2		7,0				
10	64	4,9		0,6	0		6,7				
8	68	5		0,4	0		6,6				
8	77	5		0,3	0		5,3				
5	86	5		0,3	0		4,7				
11	66	5		0,2	0		5,1				

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org= carbono orgânico.

### **Perfil 08**

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Háplico Tb Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Palmital (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 789622 W 7530614.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Terço Superior da Encosta.

ALTITUDE – 860 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Forte Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte Ondulado.

EROSÃO – Laminar.

DRENAGEM – Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A1 - 0-13 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-argilo-arenosa; forte; pequena e muito pequena; granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- A2 - 13-30 cm; bruno (10YR 4/3, úmida); franco-argilo-arenosa; forte; pequena e muito pequena granular; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e abundantes.
- AB -30-43 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); franco-argilo-arenosa; forte; muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes finas e comum
- BA - 43-58 cm; bruno (10YR 5/4, úmida); argilo-argilo-arenosa; forte, muito pequena e pequena; blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e pegajosa; transição plana e clara; raízes muito finas e comum.
- B1 -58-88 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual; raízes finas e comum.
- B2 -88-111 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e difusa; raízes poucas e finas.
- B3 -111-187 + cm, bruno-amarelado (10YR 5/8, úmida); argilosa; forte, muito pequena e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástica e muito pegajosa; transição plana e clara; raízes poucas e finas.



**Figura 37:** Detalhe do perfil de solo 8 (Cambissolo Háplico).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A1 (0-13)	203	634	163	116	0,01	0,2	0,6	0,18	1,0	5,3	1,15
A2 (13-30)	206	607	187	128	0,00	0,3	0,3	0,18	0,8	5,3	1,15
AB (30-43)	220	591	189	123	0,00	0,2	0,5	0,09	0,8	5,3	1,15
BA (43-58)	239	583	178	180	0,00	0,2	0,1	0,04	0,3	5,3	1,55
B1 (58-88)	297	525	178	220	0,00	0,2	0,3	0,04	0,5	5,0	1,45
B2 (88-111)	332	496	172	88	0,00	0,3	0,1	0,09	0,4	5,0	1,4
B3 (111-187+)	316	506	178	32	0,00	0,3	0,2	0,08	0,5	4,6	1,5
V	m	pH (1:2,5) água			C. org g.kg <sup>-1</sup>		P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T		
(%)											
16	53		5,1		0,9		0		6,2		
13	59		5,1		1,0		0		6,0		
13	59		5,0		0,8		0		6,0		
6	81		5,0		0,6		0		5,6		
10	72		5,0		0,3		0		5,4		
9	73		5,0		0,0		0		5,4		
11	71		5,2		0,4		0		5,2		

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Ext.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org.= carbono orgânico.

### **Perfil 09**

DATA DA COLETA - 25/10/06.

CLASSIFICAÇÃO – NEOSSOLO FLÚVICO Psamítico típico.

LOCALIZAÇÃO – Microbacia Rio Palmital (Macaé-RJ). Coordenadas UTM: N 790077 e W 7529960.

SITUAÇÃO E DECLIVE – Baixada.

ALTITUDE – 440 m.

PEDREGOSIDADE – Comum.

ROCHOSIDADE – Comum.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Ondulado a Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Sub caducifólia.

USO ATUAL – Pasto sujo.

DESCRITO E COLETADO POR: CEDDIA, M.B.; BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A - 0-16 cm; bruno-acizentado-escuro (10YR 4/3, úmida); areia-franca; forte, pequena, granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara; raízes raras e finas.
- AC - 16-30 cm; bruno (10YR 4/4, úmida); areia-franca; moderado, pequena; blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e difusa.
- C1 - 30-53 cm; cor variegada (2,5YR 5/2, úmida); areia-franca; grãos simples; solta, solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e difusa.
- 2C2 - 53-84 cm; cor variegada (2,5YR 4/1, úmida); areia-franca; grão simples; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, plana e difusa.
- 3C2 - 84-110 + cm, cor variegada (2,5YR 4/1, úmida); areia-franca; grão simples; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, plana e difusa.



**Figura 38:** Detalhe do perfil de solo 9 (Neossolo Flúvico).

### Análises físicas e químicas

Horiz. (cm)	Granulometria da TFSA - g.kg <sup>-1</sup>				Complexo sortivo - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					Ac. Extr. - cml <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	
	A.T.	Ar.	Si	A.N.	Na	Ca	Mg	K	S	H+AL	AL
A (0-16)	143	717	140	120	0,00	1,5	0,4	0,08	1,9	4,0	0,7
AC (16-30)	168	704	128	132	0,00	0,5	0,3	0,04	0,8	3,6	1,0
C1 (30-53)	167	720	113	151	0,00	0,4	0,2	0,04	0,6	3,3	0,9
2C2 (53-84)	157	735	108	113	0,01	0,4	0,3	0,05	0,7	3,3	0,7
3C2 (84-100+)	138	738	124	110	0,01	0,6	0,3	0,05	0,9	2,8	0,6
V (%)	m	pH (1:2,5) água			C. org g.kg <sup>-1</sup>		P mg.dm <sup>-3</sup>		Valor T		
33	26	4,6			0,8		0		5,9		
19	54	4,7			0,3		0		4,4		
16	58	4,9			0,2		0		3,9		
19	47	5,3			0,2		0		4,0		
26	38	5,5			0,2		0		3,7		

Horiz.= horizonte; A.T.= argila total; Ar. = areia fina; Si= silte; A.N. r= argila natural; S= soma de bases; Ac. Extr.= acidez extraível; Valor T= capacidade de troca de cátions a pH 7,0 em cml<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; V= saturação de bases; m= saturação de alumínio; C.org= carbono orgânico.

## 8.2. Anexo 2

### Valores de precipitação média mensal de 2007

Meses	Precipitação (mm)
Janeiro	62,16
Fevereiro	51,66
Março	95,73
Abril	153,02
Maiο	17,63
Junho	9,75
Julho	0,00
Agosto	21,16
Setembro	25,01
Outubro	27,95
Novembro	90,99
Dezembro	126,97
<b>Total</b>	<b>1682,00</b>

### 8.3 Anexo 3

#### Questionário valoração ambiental dos usuários de água.

- 1- Localização da propriedade na microbacia?  
( ) Terço inferior (faixa ciliar)                      ( ) Terço médio                      ( ) Terço superior
- 2- Grau de escolaridade
- 3- Idade?
- 4- Tamanho da família?
- 5- Qual sua renda bruta e/ou líquida anual por hectare (custo de oportunidade)?
- 6- Qual a importância da floresta para a produção de água em quantidade e qualidade?
- 7- Quanto o senhor estaria disposto a receber para deixar um hectare de terra atualmente ocupada por pastagem voltar a ser floresta em sua propriedade (verificar localização na microbacia)?
- 8- Se fosse feito um contrato qual seria o prazo mínimo?
- 9- Qual o tamanho da propriedade?
- 10- Qual a forma e local de recebimento e o melhor órgão credenciando para conduzir as negociações?

#### Questionário com as perguntas aplicadas na valoração contingencial pela disposição a pagar dos demandantes/usuários de água captada nas microbacias Gloria e Palmital.

- 1- Quantas pessoas residem nessa (e) casa/apartamento? \_\_\_\_\_
- 2- Você considera que a manutenção da floresta de Mata Atlântica mantém a qualidade da água que você consome?  
( ) Sim                      ( ) Não
- 3- Você considera que a manutenção da Mata Ciliar mantém a qualidade da água que você consome?  
( ) Sim                      ( ) Não
- 4- Quanto estaria disposto a pagar, mensalmente para um fundo para reflorestar onde e captada sua água?  
Valor: R\$ \_\_\_\_\_ por mês
- 5- Quanto estaria disposto a pagar, mensalmente para um fundo para reflorestar a Mata Ciliar onde e captada sua água?  
Valor: R\$ \_\_\_\_\_ por mês
- 6- Quanto estaria disposto a pagar, mensalmente para um fundo para que os proprietários de áreas com Mata Atlântica onde e captada sua água preservassem a Mata?  
Valor: R\$ \_\_\_\_\_ por mês
- 7- Quanto estaria disposto a pagar, mensalmente para ter água de boa qualidade e em quantidade suficiente para as necessidades da família?  
Valor: R\$ \_\_\_\_\_ por mês

#### Questões da valoração aplicada aos turistas

- 1- Qual seu nome e idade?
- 2- De que cidade veio e há quanto tempo frequenta o Sana?
- 3- Qual a sua renda?
- 4- Qual o principal atrativo que lhe trouxe ao Sana?
- 5- Você notou ou tem notado alguma degradação ambiental no Sana?
- 6- Se notou, qual é e qual a principal causa?
- 7- Você acha que os turistas deveriam contribuir financeiramente com a conservação ambiental da APA do Sana? Se sim, de que forma e qual a prioridade em investimento? Se você fosse contribuir espontaneamente para um fundo de conservação ambiental do Sana, quanto estaria disposto a contribuir?