

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

WESLEY AUGUSTO CAMPANHARO

DIAGNOSTICO FÍSICO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA DO
DOCE-ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPIRITO SANTO
2010

WESLEY AUGUSTO CAMPANHARO

DIAGNOSTICO FÍSICO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA DO
DOCE-ES

Monografia apresentada ao
Departamento de
Engenharia Florestal da
Universidade Federal do
Espírito Santo, como
requisito parcial para
obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPIRITO SANTO
2010

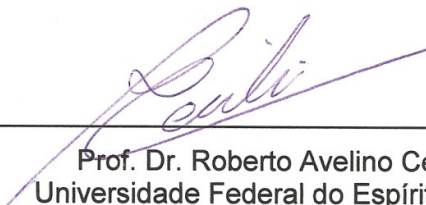
WESLEY AUGUSTO CAMPANHARO

DIAGNOSTICO FÍSICO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA DO
DOCE-ES

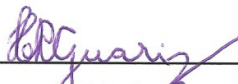
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Florestal.

Apresentada em 11 de junho de 2010

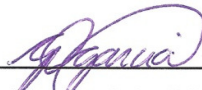
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Eng. Florestal MsC. Hugo Roldi Guariz
Prefeitura Municipal de São Roque do Canaã
Conselheiro



Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por estar vivo e ter conseguido viver estes cinco anos inesquecíveis.

Ao Professor Roberto Avelino Cecílio, pelos quatro anos e meio de paciência em me aturar, os grandes conselhos de vida, apoio, compreensão, incentivo e principalmente das “conversas jogada fora”, só para aliviar os ânimos. E sem dúvida e não menos importante os conhecimentos transmitidos durante todos os anos de convivência.

Ao grande amigo Hugo Roldi Guariz, pelos conselhos nesta monografia, pelas risadas, discussões, churrascos e toda a convivência antes, durante e depois dos trabalhos realizados na Jaqueira.

Aos grandes amigos do Laboratório de Geoprocessamento, Maycon, Huezer e o Cássio, por todos os perrengues passados e ultrapassados. Além de todas as “murrinhas” (Heitor, Flavio, Pompeu), “fraudes” (Romulo-Bits, Dani, Mexicano) e “toperas” (Brunela) dos outros laboratórios pelos momentos de descontração.

A todos da turma de Engenharia Florestal 2006/1, pelos cinco anos de harmonia e amizade.

RESUMO

Bacia hidrográfica consiste em uma unidade geográfica territorial definida topograficamente, delimitada pelos divisores de águas, drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma simples saída. Atualmente esta unidade fisiográfica está sendo considerada como unidade territorial ideal para gestão ambiental e ordenamento territorial. Uma das formas de avaliação da degradação ambiental sofrida pelas bacias hidrográficas é o estudo das características fisiográficas bem como de seu uso e ocupação. A quantificação de áreas protegidas (Reserva legal e Áreas de preservação permanente) é uma necessidade cada vez mais forte, uma vez que as funções que estas exercem sobre o meio são de grande valia, além de atender a lei 4.771 de 1965 (Código Florestal). Deste modo, esta monografia tem como objetivo fazer um diagnóstico físico e o levantamento da cobertura florestal da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce, localizada na porção central do Espírito Santo. Utilizaram-se o software AcGis 9.2®, os arquivos digitais vetoriais de hidrografia e delimitação da bacia, além de ortofotos, para obtenção e análise de dados tanto para a caracterização morfométrica quanto para a delimitação dos remanescentes florestais. A bacia apresentou forma alongada com baixa propensão a cheias, canal principal sinuoso com baixa velocidade de fluxo d'água, relevo fortemente ondulado e com alto nível de dissecamento. A Bacia apresentou 24% de cobertura florestal, sendo que no somatório de área destinada à reserva legal e à áreas de preservação permanente, a Bacia teria que ter 53%, sendo necessários o reflorestamento de 19% do território, porém existe medidas previstas em lei que podem diminuir esta porcentagem.

Palavras-chave: Morfometria. Fragmentação florestal. Área de Preservação Permanente. Reserva legal.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE EQUAÇÕES	VIII
LISTA DE SIMBOLOS	X
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>O problema e sua importância</i>	1
1.2 <i>Objetivos</i>	2
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 <i>Bacias hidrográficas</i>	3
2.1.1 <i>Morfometria</i>	5
2.2 <i>Fragmentação Florestal</i>	27
2.3 <i>Áreas Protegidas</i>	30
2.3.1 <i>Área de Preservação Permanente (APP)</i>	30
2.3.2 <i>Reserva Legal (RL)</i>	32
3 METODOLOGIA	34
3.1 <i>Análise Morfométrica</i>	35
3.1.1 <i>Características geométricas</i>	35
3.1.2 <i>Características da hidrografia</i>	35
3.1.3 <i>Características de Relevo</i>	36
3.2 <i>Fragmentação Florestal</i>	38
3.3 <i>Áreas protegidas</i>	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 <i>Morfometria</i>	44
4.2 <i>Fragmentação florestal</i>	53
4.3 <i>Áreas protegidas</i>	58
5 CONCLUSÕES	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce. _____	44
Tabela 2 – Quantidade de cursos d'água classificados segundo a ordem sugerida pelos métodos de Horton e Strhaler. _____	45
Tabela 3 – Características da Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	46
Tabela 4 – Análise linear da rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	47
Tabela 5 – Características do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	48
Tabela 6 – Distribuição de declividade segundo classificação da EMBRAPA. _____	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Horton. _____	10
Figura 2 - Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Strahler. _____	11
Figura 3 - Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Shreve. _____	12
Figura 4 - Curva hipsométrica. _____	24
Figura 5 - Forma das encostas de uma bacia de drenagem _____	25
Figura 6 - Localização da Bacia Hidrográfica Rio Santa Maria do Doce. ____	34
Figura 7 – Divisão política da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce _____	34
Figura 8 – Articulação das ortofotomosaicos utilizadas na delimitação manual dos fragmentos florestais. _____	39
Figura 9 – Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. __	45
Figura 10 – Declividade do álveo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	47
Figura 11 – Retângulo equivalente da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	49
Figura 12 – Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica Santa Maria do Doce.	50
Figura 13 – Mapa de altitude (Hipsometria) da Bacia Hidrográfica do Santa Maria do Doce. _____	50
Figura 14 – Integral hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	52
Figura 15 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	53
Figura 16 – Fragmentação florestal da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	54
Figura 17 - Distribuição de classes de tamanho dos fragmentos florestais da Bacia hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	54
Figura 18 – Diferenças dos fragmentos florestais quanto a posição dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	56
Figura 19 – Corredores Ecológicos a serem implantados, e que passam pela Bacia Hidrográfica do Santa Maria do Doce. _____	58
Figura 20 – Mapa de áreas de preservação permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. _____	59

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 - Coeficiente de compacidade (K_c)	6
Equação 02 - Fator de Forma (K_f).....	7
Equação 03 - Razão de alongação (R_e)	8
Equação 04 - Índice de circularidade (I_c)	8
Equação 05 - Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)	9
Equação 06 - Densidade de drenagem (D_d).....	12
Equação 07 - Densidade hidrográfica (D_h)	13
Equação 08 - Coeficiente de torrencialidade (C_t).....	13
Equação 09 - Densidade de confluência (D_c)	14
Equação 10 - Relação de bifurcação (R_b).....	14
Equação 11 - Relação ponderada de bifurcação (R_{pb})	15
Equação 12 - Relação média entre os comprimentos dos canais (R_{lm})	15
Equação 13 - Relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (R_{ib}).....	16
Equação 14 - Sinuosidade do curso d'água (SIN).....	16
Equação 15 - Índice de sinuosidade (I_s)	17
Equação 16 - Declividade S1	18
Equação 17 - Declividade S2	18
Equação 18 - Declividade S3	18
Equação 19 - Declividade S4	18
Equação 20 - Coeficiente de manutenção (C_m).....	19
Equação 21 - Lado maior do retângulo equivalente (L).....	21
Equação 22 - Lado menor do retângulo equivalente (l _r).....	21
Equação 23 - Índice de alongamento (KI)	21
Equação 24 - Índice de rugosidade (HD)	22
Equação 25 - Coeficiente de rugosidade (CR)	22
Equação 26 - Razão de relevo (Rr).....	23
Equação 27 - Razão de relevo relativo (Rrl).....	23
Equação 28 - Fator topográfico (Ft)	25
Equação 29 - Textura topográfica (Tt).....	25
Equação 30 - Razão de textura (T)	26

Equação 31 - Coeficiente de massividade (T_g).....	26
Equação 32 - Coeficiente orográfico (C_o)	27
Equação 33 - Extensão média do escoamento superficial (I).....	27

LISTA DE SIMBOLOS

Δa - Amplitude altimétrica
A - Área de drenagem
At - Área formada entre a declividade do curso d'água com a abscissa
C₁₅ - Cota na seção do rio principal distante do exutório 15%
C₈₅ - Cota na seção do rio principal distante do exutório 85%
Co - Coeficiente orográfico
Cm - Coeficiente de manutenção
CR - Coeficiente de rugosidade
Ct - Coeficiente de torrencialidade
Db - Diâmetro da bacia
Dc - Densidade de confluência
Dd - Densidade de drenagem
Dh - Densidade hidrográfica
Di - Declividade de cada trecho
Eps - Extensão do percurso superficial
Ft - Fator topográfico
HD - Índice de rugosidade
Hdm - declividade média
Hm - Altura média da bacia
Ho - Altitude final do trecho
Ic - Índice de circularidade
ICO - Índice entre o comprimento e a área da bacia
Kc - Coeficiente de compacidade
Kf - Fator de forma
KI - Índice de alongamento
L₁₅ - Comprimento do rio a 15%
L₈₅ - Comprimento do rio a 85%
L - Lado maior do retângulo equivalente
I - Extensão média do escoamento superficial
Lax - Comprimento axial da bacia
Li - Distância real medida em linha inclinada
Lm_w - Comprimento médio dos canais de determinada ordem
Lm_{w-1} - Comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.
Lp - Comprimento do canal principal
Lr - Lado menor do retângulo equivalente
Lt - Comprimento do talvegue do canal principal
Ltot - Comprimento total de todos os canais
N - Número de cursos d'água
N_i - Número total de canais envolvidos na relação
Nc - Número de confluências
Nt - Número de segmentos de rios
N_u - Número de segmentos de determinada ordem
N_{u+1} - Número de segmentos da ordem imediatamente superior
P - Perímetro
Rb - Relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subsequentes
Rb_i - Relação de bifurcação de um conjunto de duas ordens sucessivas
Re - Razão de alongação
Rib - Relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação

R_{lm} - Relação entre os comprimentos médios dos canais
R_{pb} - Relação ponderada de bifurcação
R_r - Razão de relevo
R_{rl} - Razão de relevo relativo
S₁, S₂, S₃, S₄ - declividade do álveo
SIN - Sinuosidade do curso d'água adimensional
T - Razão de textura;
T_c - Tempo de concentração
T_{ga} - Coeficiente de massividade
T_t - Textura topográfica

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica vem sendo adotada como unidade de planejamento e gestão ambiental em muitos países. No Brasil ganhou força graças à regulamentação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei nº 9433, de 1997), que a define como unidade de gerenciamento e estipula ainda atuação descentralizada e participativa no processo de gestão, com a criação de comitês e agências de bacias, em conjunto com a participação de organizações civis no planejamento ambiental e na elaboração de planos diretores para as bacias hidrográficas.

As bacias hidrográficas na América do Sul, particularmente no Brasil, têm sido consideravelmente alteradas nos últimos anos em função do desenvolvimento industrial, do crescimento desordenado das cidades e da superpopulação, além de diversas atividades antrópicas potencialmente impactantes que se instalam, de forma não planejada ao longo das bacias (Dantas,2005).

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

1.1 O problema e sua importância

Com o crescente uso da água para os mais diversos fins, e o estado de degradação em que se encontram os mananciais, percebe-se que é necessário administrar sua disponibilidade e uso além do conhecimento atualizado do quadro de degradação, quando houver, e pela criação de processos de gerenciamento para recuperação e/ou conservação dos recursos hídricos, assegurando desta maneira sua qualidade e quantidade.

O estudo das características morfométricas de bacias hidrográficas, bem como de seu uso e ocupação, consistem em importantes fatores para a

avaliação da degradação ambiental que as bacias possam estar sofrendo ou mesmo contribuindo para que outras sofram.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A presente monografia tem como objetivo geral realizar um diagnóstico físico-conservacionista e o levantamento da cobertura florestal da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consistiram em:

- Avaliar as características morfométricas da bacia hidrográfica em estudo.
- Quantificar a cobertura florestal existente na bacia hidrográfica e verificar sua adequação ambiental como preconiza a legislação ambiental vigente.
- Realizar o diagnóstico ambiental da bacia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, composta, segundo Tucci (1997) por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório ou foz.

Atualmente bacia hidrográfica, configura-se como umas das principais unidades de gerenciamento territorial, pois sobre sua superfície é que se desenvolvem a maior parte das atividades humanas. A Política Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo, lei nº 5818, de 29 de dezembro de 1998, afirma que:

“a bacia hidrográfica é a unidade física territorial de planejamento, gerenciamento e enquadramento das águas consideradas as influências por estas recebidas do meio físico, antrópico e biótico, das regiões de limítrofes e das camadas subjacentes do solo.”

A bacia hidrográfica por ser composta de diferentes microambientes em sua territorialidade e por possuir uma única saída, toda essa diversidade existente será representada neste ponto. Deste modo, constituem-se como ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pelas atividades antrópicas que acarretam riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, visto que estas variáveis são correlacionadas ao uso do solo local (FERNANDES e SILVA, 1994).

As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração de água no solo, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial (TONELLO, 2005). Além disso, com a crescente demanda por produtos agrícolas e a significativa pressão sobre os recursos naturais das bacias hidrográficas, a preocupação voltou-se para a função primordial da

bacia hidrografia: produção em quantidade e qualidade de água, necessitando assim, de ocorrer um manejo sustentável para atender ambos os anseios. Dentro desta ótica, a bacia hidrográfica tem que ser considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e outros componentes ambientais podem ser produzidos para atender às necessidades da crescente população mundial. (FAO, 1991 citado por LIMA, 1996).

A bacia hidrográfica, também é ideal para se caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos. Todas essas ações são importantes para a gestão integral dos recursos naturais, que vão permitir a organização e a capacitação das populações, em níveis locais e regionais, na formulação e execução de planos de manejo para o bom uso dos recursos naturais, principalmente a água (BENTES-GAMA, 2010).

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais com ausência, ou ainda a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Desta forma, gerar diagnósticos de uma bacia é de extrema importância, pois estes levantam todos os problemas da bacia, identificam conflitos e indicam as soluções em todos os seus níveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação total do meio ambiente, integrando ocupação com preservação.

Dentre os diagnósticos existentes, podemos citar os seguintes: Diagnóstico físico-conservacionista; Diagnóstico sócio-econômico; Diagnóstico ambiental; Diagnóstico da vegetação; Diagnóstico da água; Diagnóstico da fauna; e Diagnóstico do solo. Dentre estes, o mais importante é o Diagnóstico físico-conservacionista, que descreve fisicamente a bacia, por meio de

elaboração de mapas, coletando informações que darão subsídio para o prognóstico de retenção e o controle das águas das chuvas nas sub-bacias hidrográficas (CECÍLIO E REIS, 2006).

2.1.1 Morfometria

Morfometria é o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, sendo expressa em índices comumente divididos em 3 grandes grupos: a) os que indicam características geométricas; b) os que indicam características da rede de drenagem e; c) os que expressam características do relevo.

O cálculo das características morfométricas, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas, de uma bacia hidrográfica é fator primordial para seu conhecimento. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidroagrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, em estudos sobre aproveitamento hidrelétrico, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004). Estes índices são fundamentais para qualquer estudo hidrológico, e de grande importância para a definição de uma seqüência de prioridades na gestão e elaboração de um plano de ação para a mesma.

A interpretação geomorfológica de bacias hidrográficas em pesquisas realizadas sobre a aplicabilidade dos índices e, ou, características morfométricas, tanto na abordagem linear como adimensional, traz informações relevantes na relação solo-superfície. Este estudo aborda pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os conseqüentes processos ambientais, normalmente multivariados, e descreve a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas (PISSARRA et al., 2004).

2.1.1.1 Características Geométricas

As características geométricas refletem o comportamento hidrológico da bacia em termos gerais, tanto relacionado com o escoamento quanto com o armazenamento da água. Os principais índices são: área de drenagem (A); coeficiente de compacidade (Kc); fator de forma (Kf); razão de alongação (Re); índice de circularidade (Ic); índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO).

2.1.1.1.1 Área de drenagem (A)

De acordo com Villela e Mattos (1975), a área de drenagem de uma bacia é a área plana (projeção horizontal) compreendida entre seus divisores topográficos, expressa em quilômetros quadrados (km²) ou hectares (ha). Além de ser o elemento básico para o cálculo da maioria das características físicas da bacia.

2.1.1.1.2 Coeficiente de compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade consiste na relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo hipotético cuja área seja igual à área de drenagem da bacia em questão, sendo calculado pela equação 01. Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia hidrográfica circular. Para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior à unidade (VILLELA e MATTOS, 1975).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (01)$$

em que:

Kc = coeficiente de compacidade, adimensional;

P = perímetro da bacia, km; e

A = área de drenagem, km².

Quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, isso é, quando seu K_c for mais próximo da unidade, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias. Isto ocorre porque há conversão do escoamento superficial, ao mesmo tempo, para um trecho pequeno do rio principal, havendo acúmulo do fluxo (GUARIZ, 2008).

Conforme Silva & Mello (2008), podem-se classificar bacias hidrográficas em função do valor de K_c da seguinte forma:

- $1,00 \leq K_c < 1,25$ – bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- $1,25 \leq K_c < 1,50$ – bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- $K_c \geq 1,50$ – bacia não sujeita a grandes enchentes.

2.1.1.1.3 Fator de forma (K_f)

O valor do fator de forma (Equação 02) representa a relação entre a área e o comprimento axial da bacia. Esse comprimento é a distância euclidiana entre a foz e o ponto mais distante da bacia, localizado no divisor de águas, tomando-se como eixo de referência a direção predominante do curso d'água principal (MOSCA, 2003).

$$K_f = \frac{A}{L_{ax}^2} \quad (02)$$

em que:

K_f = fator de forma, adimensional; e

L_{ax} = comprimento axial da bacia (km).

O fator de forma é um índice indicativo da tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior K_f . Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa (baixo fator de forma) há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da

condição ideal da bacia circular, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto.

De acordo com Silva & Mello (2008), os valores assumidos pelo fator de forma levam às seguintes classificações:

- $K_f \geq 0,75$ – bacia sujeita a enchentes;
- $0,50 < K_f < 0,75$ – bacia com tendência mediana a enchentes; e
- $K_f \leq 0,50$ – bacia não sujeita a enchentes.

2.1.1.1.4 Razão de alongação (Re)

Razão de alongação (Equação 03) é a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia (MOSCA, 2003).

$$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,5}}{L_{ax}} \right) \quad (03)$$

em que Re é a razão de alongação, adimensional.

Assim como o K_f , este índice mostra a susceptibilidade da bacia à enchentes tomando por base sua forma, assim, quanto maior o valor de Re , mais próximo de um círculo a bacia será e maior será a probabilidade de enchente, enquanto valores menores assumidos pela Re se deve a uma bacia mais alongada e menos susceptível a cheias.

2.1.1.1.5 Índice de circularidade (Ic)

Esse índice representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia hidrográfica (Equação 04). Similarmente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada (BORSATO, 2005).

$$Ic = \frac{12,57A}{P^2} \quad (04)$$

em que Ic é o índice de circularidade, adimensional.

Quanto mais próximo de 1,0 for o valor de I_c , mais próxima da forma circular será a bacia. Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento (BORSATO, 2005).

2.1.1.1.6 Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)

O ICO pode ser calculado dividindo-se o diâmetro da bacia pela raiz quadrada da área, conforme a Equação 05, de acordo com EPAGRI (1997), onde o diâmetro da bacia equivale ao diâmetro da circunferência de mesmo perímetro da bacia.

$$ICO = \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (05)$$

em que ICO é o índice entre comprimento e a área da bacia

Este índice apresenta significância para descrever e interpretar tanto a forma como o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. O seu significado advém do fato de podermos utilizar figuras geométricas simples como ponto de referência. Quando o valor do ICO estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante a um quadrado; quando o valor for acima da unidade, mais alongada será a forma bacia (EPAGRI, 1997).

2.1.1.2 Características da hidrografia

As características do padrão de drenagem ou da hidrografia, repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada bacia. Os principais índices são: classificação de horton; classificação de strhaler; classificação de crive; densidade de drenagem (Dd); densidade hidrográfica (Dh); coeficiente de torrencialidade (Ct); densidade de confluências (Dc); relação de bifurcação (Rb); relação ponderada de bifurcação (Rpb); relação entre o comprimento médio dos canais (Rlm); relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rib); extensão média do escoamento superficial (I); sinuosidade do curso d'água (SIN); índice de sinuosidade (Is); declividade do álveo (S1, S2, S3 e S4) e; coeficiente de manutenção (Cm).

2.1.1.2.1 Classificação de Horton

Segundo a classificação de Horton, os cursos d'água de primeira ordem são aqueles que não recebem nenhuma contribuição de curso tributário (Figura 1), além de ser o curso principal no seu exutório; o de segunda ordem recebe somente tributários de primeira ordem; o de terceira ordem pode receber tributários de ordem inferior ou igual a dois; e assim sucessivamente, um curso d'água de ordem "N" pode receber contribuintes de ordem inferior ou igual a "N - 1" (GONTIJO JÚNIOR e KOIDE, 2007).

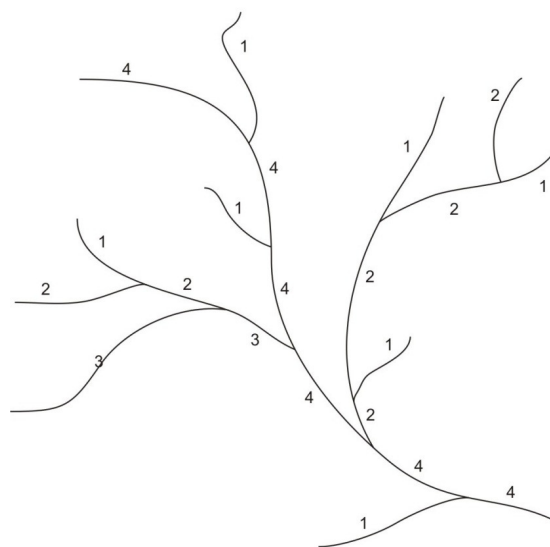


Figura 1 – Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Horton.

2.1.1.2.2 Classificação de Strahler

A classificação de Strahler introduz um sistema diferente de hierarquia fluvial e que hoje ainda se destaca como um dos mais utilizados. Para ele, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens

inferiores. E assim sucessivamente. Nesta ordenação elimina-se o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo numero de ordem em toda a sua extensão (MACHADO et al.2009).

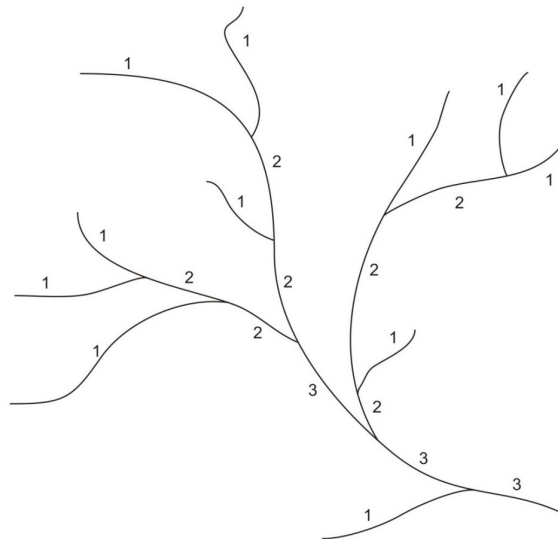


Figura 2 - Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Strahler.

2.1.1.2.3 Classificação de Shreve

Os canais de primeira ordem têm magnitude um, e o encontro de dois canais resulta no somatório de suas magnitudes, de tal maneira que o valor final atribuído ao canal principal reflete a quantidade de canais de primeira ordem que contribuíram para sua alimentação, ou seja, o numero de canais de primeira ordem encontrados em toda a bacia (MACHADO et al.2009).

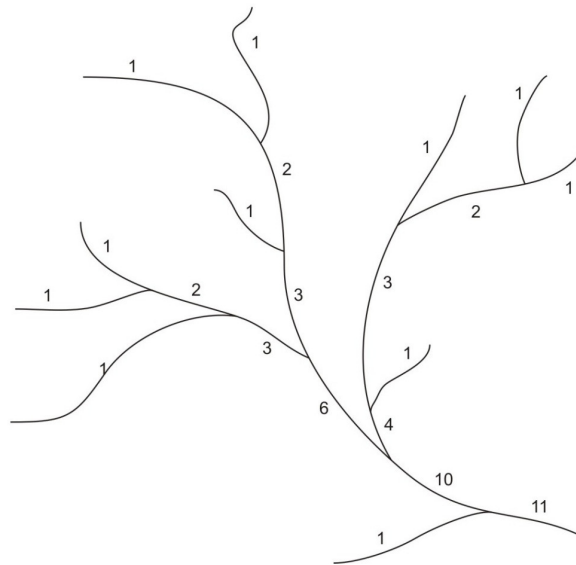


Figura 3 - Ordenamento dos canais seguindo o Modelo de Shreve.

2.1.1.2.4 Densidade de Drenagem (Dd)

A Dd é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes ou intermitentes – e a área total da bacia (Equação 06).

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A} \quad (06)$$

em que:

Dd = densidade de drenagem, km km⁻²; e

Ltot = comprimento total de todos os cursos d'águas, km.

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma idéia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008).

De acordo com Christofolletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

Pode-se classificar uma bacia de acordo com os valores de D_d , segundo Silva & Mello (2008), da seguinte forma:

- baixa densidade: $D_d \leq 5 \text{ Km Km}^{-2}$;
- média densidade: $5 < D_d < 13 \text{ Km Km}^{-2}$; e
- alta densidade: $D_d \geq 13 \text{ Km Km}^{-2}$.

2.1.1.2.5 Densidade Hidrográfica (D_h)

Também chamada de frequência de canais ou densidade de rios, corresponde à relação entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica (Equação 07). Segundo Christofolletti (1974), a densidade hidrográfica é importante, pois representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos d'água. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (07)$$

em que:

D_h = densidade hidrográfica, nº de cursos d'água por km^2 ; e

N = número de cursos d'água

2.1.1.2.6 Coeficiente de torrencialidade (C_t)

Permite quantificar a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundações, através da multiplicação da densidade hidrográfica pela densidade de drenagem (Equação 08). Tal tendência será tanto maior quanto maior for o valor do C_t , tendo este parâmetro grande importância em pequenas bacias, devido ao tempo de torrencialidade ser mais reduzido.

$$C_t = D_h \cdot D_d \quad (08)$$

em que C_t é o coeficiente de torrencialidade, adimensional.

2.1.1.2.7 Densidade de Confluência (D_c)

A D_c é considerada uma forma mais simples de representar a densidade de drenagem de uma bacia e é obtida dividindo-se o número de confluências ou bifurcações da rede de drenagem pela área da bacia (TUCCI, 1997).

$$D_c = \frac{N_c}{A} \quad (09)$$

em que:

D_c = densidade de confluências, nº confluências por km²; e

N_c = número de confluências da rede de drenagem.

2.1.1.2.8 Relação de bifurcação (R_b)

Relação de bifurcação é a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. Christofolletti (1980) indica que o resultado não poderá ser inferior a dois, utilizando a hierarquização fluvial de Stralher, conforme apresentado na Equação 10.

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (10)$$

em que:

R_b = relação de bifurcação, adimensional;

N_u = número de segmentos de determinada ordem; e

N_{u+1} = número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Estes valores indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (Castro e Carvalho, 2009)

2.1.1.2.9 Relação Ponderada de bifurcação (R_{pb})

Este parâmetro foi definido com o objetivo de encontrar um índice de bifurcação mais representativo que a relação de bifurcação. Para Christofletti (1980) este índice é obtido conforme mostra a Equação 11, onde multiplica-se a R_b de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação. Após a multiplicação de todas as ordens da bacia estudada, divide-se a soma total dos produtos obtidos pela soma total de canais encontrados na bacia. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação

$$R_{pb} = \frac{\sum (R_{b_i} \cdot N_i)}{\sum N_i} \quad (11)$$

em que:

R_{pb} = relação ponderada de bifurcação, adimensional;

R_{b_i} = relação de bifurcação de um conjunto de duas ordens sucessivas; e

N_i = número total de canais envolvidos na relação.

2.1.1.2.10 Relação entre o comprimento médio dos canais (R_{lm})

É a relação entre os comprimentos médios dos canais de determinada ordem e o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior (Equação 12).

$$R_{lm} = \frac{L_{m_w}}{L_{m_{w-1}}} \quad (12)$$

em que:

R_{lm} = relação média entre os comprimentos dos canais, adimensional;

L_{m_w} = comprimento médio dos canais de determinada ordem; e

$L_{m_{w-1}}$ = comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

2.1.1.2.11 Relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rib)

A Rib é expressa pela Equação 13, sendo um importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas (ALCÂNTARA e AMORIN, 2005).

$$\text{Rib} = \frac{\text{RIm}}{\text{Rb}} \quad (13)$$

em que Rib é a relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, adimensional.

2.1.1.2.12 Sinuosidade do curso d'água (SIN)

A sinuosidade do canal principal é um fator controlador da velocidade do fluxo de água (NOVAES et al., 2004), pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo deslocamento da água no seu caminho até a foz, implicando numa menor velocidade. A sinuosidade é representada pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de seu talvegue (Equação 14), que seria o comprimento reto do canal medido da nascente até a foz conforme Alves e Castro (2003).

$$\text{SIN} = \frac{\text{Lp}}{\text{Lt}} \quad (14)$$

em que:

SIN = sinuosidade do curso d'água, adimensional;

Lp = comprimento do canal principal (km);e

Lt = comprimento do talvegue (km).

De acordo com Alves e Castro (2003), valores de sinuosidade bem próximos a 1, indicam que o canal tende a ser retilíneo e valores maiores que 2 indicam canais tortuosos. Valores entre 1 e 2 apontam para formas transicionais, regulares e irregulares.

2.1.1.2.13 Índice de Sinuosidade (I_s)

Para comparação entre rios diferentes utiliza-se o índice de sinuosidade expresso em porcentagem em relação ao comprimento total do rio (Equação 15).

$$I_s = \frac{100 \cdot (L_p - L_t)}{L_p} \quad (15)$$

em que I_s é o índice de sinuosidade, porcentagem.

Crhistofoletti (1981) citado por EPAGRI (1997) estabeleceu cinco classes de sinuosidade do curso d'água expresso pelo índice de sinuosidade, são elas:

- $I_s < 20\%$ - canal muito reto;
- $20\% \leq I_s \leq 30\%$ - canal reto;
- $30\% \leq I_s \leq 40\%$ - canal divagante;
- $40\% \leq I_s \leq 50\%$ - canal sinuoso;
- $I_s \geq 50\%$ - canal muito sinuoso;

2.1.1.2.14 Declividade do Álveo (S_1 , S_2 , S_3 e S_4)

A declividade de álveo pode ser obtida de três maneiras, cada uma com diferente grau de representatividade.

- S_1 (Equação 16) - linha de declividade obtida tomando a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d' água. Trata-se de um valor pouco representativo para canais com grande variação de declividade.
- S_2 (Equação 17) - linha de declividade obtida por compensação de áreas, de forma que a área entre ela e a abscissa seja igual à compreendida entre a curva do perfil e a abscissa;
- S_3 (Equação 18) - linha obtida a partir da consideração do tempo de percurso; é a média harmônica ponderada da raiz quadrada das declividades dos diversos trechos retilíneos, tomando-se como peso a extensão de cada trecho; chamada de declividade equivalente constante, que é um valor também

bastante representativo de declividade, dando uma idéia do tempo de percurso da água ao longo do perfil longitudinal.

- S_4 (Equação 19) – linha obtida retirando os primeiros 15% e os últimos 15%. É uma declividade sem as tendenciosidades das partes extremas do perfil longitudinal.

$$S1 = \frac{(Cota_{mx} - Cota_{mi})}{Lp} \quad (16)$$

$$S2 = \frac{At \cdot 2}{Lp^2} \quad (17)$$

$$S3 = \left[\frac{\sum Li}{\left(\frac{\sum Li}{\sqrt{Di}} \right)} \right]^2 \quad (18)$$

$$S4 = \frac{(C_{85} - C_{15})}{(L_{85} - L_{15})} \quad (19)$$

em que:

$S1, S2, S3$ e $S4$ = declividades, $m \ m^{-1}$;

At = área formada entre a declividade do curso d'água com a abscissa (m^2);

Li = distância real medida em linha inclinada (m);

Di = declividade de cada trecho ($m \ m^{-1}$);

C_{85} = cota na seção do rio principal distante do exutório 85%;

C_{15} = cota na seção do rio principal distante do exutório 15%;

L_{85} = comprimento do rio a 85%;

L_{15} = comprimento do rio a 15%

Estes parâmetros são de suma importância para o manejo de bacias haja vista que influencia diretamente na velocidade de escoamento da água em suas calhas e, conseqüentemente, no tempo de concentração das mesmas.

De acordo com Strahler (1964), citado por Borsato & Martoni (2004), a declividade dos canais está intimamente ligada com a declividade dos terrenos de uma bacia. Vertentes com declividades altas contribuem com uma grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais que, por sua vez, devem ter uma declividade alta para poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

2.1.1.2.15 Coeficiente de Manutenção (C_m)

O coeficiente de manutenção dos canais (C_m) foi proposto por Schumm (1956), citado em Borsato & Martoni (2004), como o inverso da densidade de drenagem (Equação 20), indicando que à medida que vai aumentando a dissecação do relevo, vai diminuindo a área disponível para o entalhamento de novos canais, ou seja, o coeficiente de manutenção indica a área média que permanece isenta de entalhes.

$$C_m = \left(\frac{1}{D_d} \right) \cdot 1000 \quad (20)$$

em que C_m , é o coeficiente de manutenção, $m^2 m^{-1}$.

Este coeficiente representa a área de drenagem necessária em quilômetros quadrados, para sustentar um quilômetro linear de canal (BORSATO e MARTONI, 2004), indicando uma estimativa da área mínima que é exigida para que o canal de drenagem possa se implementar e desenvolver.

2.1.1.3 Características de Relevo

As características do relevo descrevem diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem processos como o fluxo de materiais em superfície (erosão) e em profundidade (infiltração, lixiviação e translocação) (ABRAHÃO e MELLO, 1988 citado por PISSARRA et al. 2004).

Os principais índices são: altitude e declividade da bacia; retângulo equivalente (L e l_r); índice de alongamento (KI); índice de rugosidade (HD);

coeficiente de rugosidade (CR); razão de relevo (Rr); razão de relevo relativo (Rrl); curva hipsométrica; integral hipsométrica; fator topográfico (Ft); textura topográfica (Tt); razão de textura (T); coeficiente de massividade (Tga); coeficiente orográfico (Co) e; extensão do percurso superficial (Eps).

2.1.1.3.1 Altitude e curva hipsométrica

De acordo com Castro & Lopes (2001), citados por Guariz (2008), a altitude influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.

A curva hipsométrica representa a variação da elevação das áreas de uma bacia hidrográfica. Esta curva é obtida quando se acumula as áreas que estão acima ou abaixo de determinada altitude. Em outras palavras, representa o estudo da variação da elevação do relevo da bacia com referência ao nível médio do mar.

Com a curva hipsométrica, é possível determinar a altitude média da bacia, altura média e altitude mediana, esta última corresponde à altitude superada pela metade da área da bacia.

2.1.1.3.2 Declividade

A declividade da bacia é uma característica de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas, nas quais o escoamento superficial será determinante na forma do hidrograma (LINSLEY et al., 1975). Isso ocorre porque a declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade desse escoamento. Além disso, a declividade vai ter grande influência no processo de erosão (BORSATO & MARTONI, 2004). Quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes maiores.

2.1.1.3.3 Retângulo equivalente (L e l_r);

O retângulo equivalente foi introduzido por hidrologistas franceses com o objetivo de comparar melhor a influência das características físicas da bacia sobre o escoamento (BORSATO, 2005). Consiste num retângulo com a mesma área da bacia, sendo as curvas de nível posicionadas de forma paralela ao seu lado menor, respeitando-se a hipsometria natural da bacia (VILELLA & MATTOS, 1975). Com o retângulo equivalente é possível ter uma noção melhor da distribuição de altitudes ao longo da área da bacia.

Utiliza-se a Equação 21 para determinação do lado maior do retângulo e a Equação 22 para determinação do lado menor do retângulo equivalente.

$$L = \frac{K_c \cdot \sqrt{A}}{1,12} \cdot \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right] \quad (21)$$

$$l_r = \frac{P}{2-L} \quad \text{ou} \quad l_r = \frac{K_c \cdot \sqrt{A}}{1,128} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{K_c} \right)^2} \right] \quad (22)$$

em que:

L = lado maior do retângulo equivalente, km;

l_r = lado menor do retângulo equivalente, km.

2.1.1.3.4 Índice de alongamento (KI)

Índice de alongamento é a relação existente entre os lados do retângulo equivalente (Equação 23). Permitindo a análise da tendência a enchentes de uma bacia hidrográfica, uma vez que quanto mais retangular o seu formato, tanto mais comprida e estreita será a bacia, e assim menor a possibilidade de uma chuva cobrir simultaneamente toda a sua área. De posse do índice de alongamento, pode-se fazer menção ao formato da microbacia; para valores superiores a 2, mais alongada será a microbacia (GUARIZ, 2008).

$$KI = \frac{L}{l_r} \quad (23)$$

em que KI , é o índice de alongamento, adimensional.

2.1.1.3.5 Índice de rugosidade (HD)

O índice de rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional (Equação 24), que resulta do produto entre a amplitude altimétrica, que é a diferença de nível da bacia, e a densidade de drenagem.

$$HD = \Delta a \cdot Dd \quad (24)$$

em que:

HD = índice de rugosidade, adimensional;e

Δa = amplitude altimétrica (km).

Os valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores são elevados, isto é, quando as vertentes são íngremes e longas.

2.1.1.3.6 Coeficiente de rugosidade (CR)

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo CR, obtido do produto entre a densidade de drenagem e sua declividade média (Equação 25).

$$CR = Hdm \cdot Dd \quad (25)$$

em que:

CR = coeficiente de rugosidade, adimensional;e

Hdm = declividade média da bacia (m/m).

O coeficiente de rugosidade direciona o uso potencial do solo em microbacias hidrográficas (ROCHA, 1997). A análise do CR, baseia-se em classes definidas por Pissarra et al. (2004). Desta forma, as quatro classes (A, B, C e D), foram assim estipuladas:

- Classe A (solos apropriados para a agricultura) CR < 23;
- Classe B (solos apropriados para pastagens/pecuária) CR entre 23 e 43;

- Classe C (solos apropriados para pastagem/reflorestamento) CR entre 44 e 63;
- Classe D (solos apropriados para reflorestamento) CR > 63.

2.1.1.3.7 Razão de relevo (*Rr*)

Esta variável está relacionada com as variações topográficas da bacia. Indicativo da declividade média da microbacia (POLITANO e PISSARRA, 2003), trata-se da relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento axial da bacia (Equação 26), indicando que quanto mais elevado o valor de *Rr*, maior o desnível entre a cabeceira e a foz. Dessa forma, esse índice mede a declividade geral de uma bacia de drenagem e é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da bacia (STRAHLER, 1964).

$$Rr = \frac{\Delta a}{Lax} \quad (26)$$

em que:

Rr = razão de relevo, m m⁻¹

Partindo do princípio de que quanto maior a razão de relevo, maior será a quantidade de água a escoar superficialmente e, conseqüentemente, maior será a velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia, pode-se compartimentar, relativamente, os dados fornecidos abaixo, conforme ROSSI & PFEIFER (1999), com a seguinte classificação:

- Razão de relevo baixa = 0,0 a 0,10;
- Razão de relevo média = 0,11 a 0,30; e
- Razão de relevo alta = 0,31 a 0,60.

2.1.1.3.8 Razão de relevo relativo (*Rrl*)

Indicativo da movimentação topográfica obtido pela relação entre a amplitude altimétrica e o perímetro da bacia (Equação 27).

$$Rrl = \frac{\Delta a}{P} \quad (27)$$

em que R_{rl} , é a razão de relevo relativo, $m\ m^{-1}$.

2.1.1.3.9 Integral hipsométrica

A Figura 4 apresenta a curva hipsométrica desenhada dentro de um quadrado, segundo Christofolletti (1974). A linha MN representa a curva propriamente dita. A integral hipsométrica é representada pela superfície MON. Os comprimentos ON e OM representam, respectivamente, a área projetada da bacia e a diferença altimétrica entre o ponto mais alto e o mais baixo, comprimentos este de modo proporcional. A altura média está representada pela linha Oh.

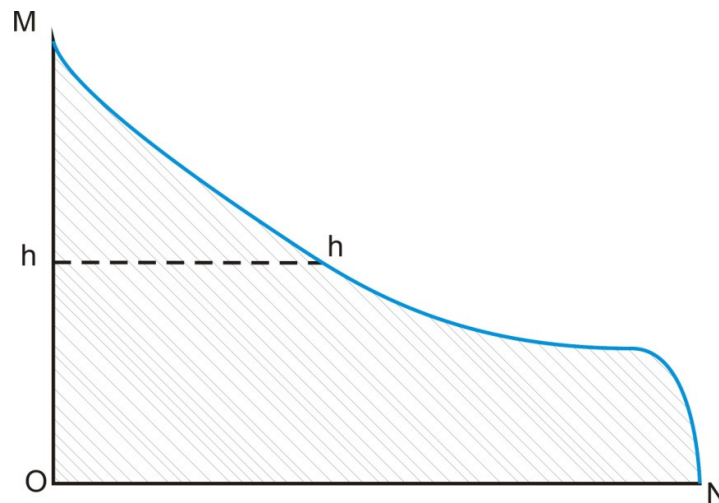


Figura 4 - Curva hipsométrica.
Fonte: Adaptado de Christofolletti, 1974

Segundo Feltran Filho e Lima (2007), a integral hipsométrica indica a forma proporcional do relevo, pois quanto maior for seu valor, mais convexa será a forma das vertentes, sendo que o seu valor máximo encontrado é de um.

As encostas de uma bacia vão dos divisores de água aos cursos d'água. As formas das encostas, como representado na Figura 5, podem ser, convexa, côncava e reta, ou a combinação entre estas.

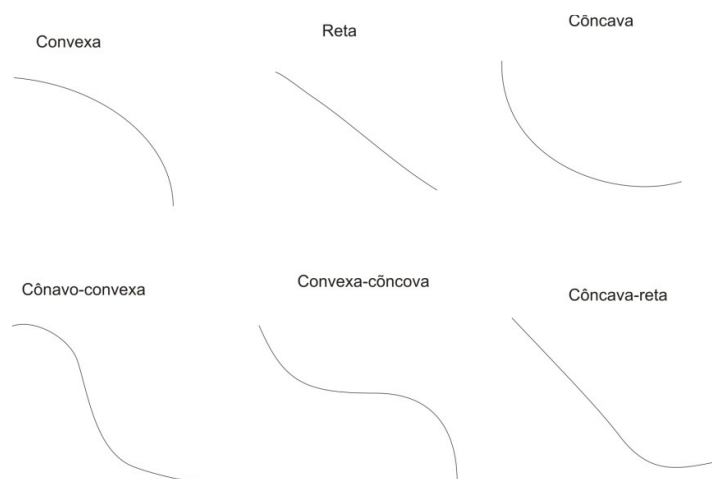


Figura 5 - Forma das encostas de uma bacia de drenagem
 Fonte: Adaptada de Soares, 2000.

2.1.1.3.10 Fator topográfico (F_t)

O fator topográfico é a combinação do índice de circularidade com a densidade hidrográfica e a gradiente do relevo expresso pela razão de relevo (Equação 28).

$$F_t = Dh \cdot Ic \cdot Rr \quad (28)$$

em que F_t , é o fator topográfico, adimensional

O valor do F_t representa as relações entre os parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas, usando parâmetros hipsométricos e hidrológicos, com a finalidade de verificar a capacidade de escoamento superficial de uma bacia (TEIXEIRA & CRUZ, 2005).

2.1.1.3.11 Textura Topográfica (T_t)

Esta característica define o grau de entalhamento e dissecação do relevo, expressando o espaçamento entre canais de drenagens em mapas topográficos com curvas de nível, sendo encontrada a partir da Equação 29.

$$\text{Log}T_t = 0,219649 + 1,115\text{Log}D_d \quad (29)$$

em que T_t , é a textura topográfica, adimensional

Para retratar a textura topográfica, França (1968), propôs a seguinte classificação:

- Textura Grosseira - $Tt < 4,0$
- Textura Média - $Tt 4,0 \leq Tt \leq 10,0$
- Textura Fina - $Tt > 10,0$

2.1.1.3.12 Razão de textura (T)

A razão de textura é a relação do número de segmentos de rios e o perímetro da bacia (Equação 30), onde à medida que o relevo passa de suave ondulado para ondulado, os valores médios da razão de textura (T) aumentam refletindo num mesmo ambiente climático, condição em que a infiltração da água encontra maior dificuldade. O escoamento superficial é mais intenso e provoca, conseqüentemente, maior dissecação hídrica do terreno, aspecto similar ao de ravinas.

$$T = \frac{Nt}{P} \quad (30)$$

em que T, é a razão de textura, adimensional

Segundo França (1968), a razão de textura pode ser classificada da seguinte forma: valores menores que 2,5 é classificada como grosseira, entre 2,5 e 6,2 média e acima de 6,2 como fina.

2.1.1.3.13 Coeficiente de massividade (Tga)

O coeficiente de massividade é a relação entre a altura média da bacia e a sua superfície (Equação 31).

$$Tga = \frac{Hm}{\Delta a} \quad (31)$$

em que:

Tga = coeficiente de massividade, $m \ m^{-1}$; e

Hm = altura média da bacia (m).

O valor do coeficiente de massividade nunca será superior a 1,0 e será igual ao valor da integral hipsométrica. Coeficientes de massividade abaixo de 0,5 correspondem a bacias com distribuição maior de terras baixas e

coeficientes acima desse valor correspondem a bacias com maior distribuição de terras altas (BORSATO, 2005).

2.1.1.3.14 *Coeficiente orográfico (Co)*

O coeficiente orográfico corresponde ao produto da altura média pelo coeficiente de massividade (Equação 32). O coeficiente orográfico tenderá a variar de acordo com o coeficiente de massividade, uma vez que ele depende diretamente do seu valor e o da altura média, que também é utilizada para determinar o coeficiente de massividade. Porém, bacias com valores semelhantes de coeficiente de massividade, poderão apresentar valores diferentes de coeficiente orográfico, dependendo da sua variação de altitude (amplitude).

$$Co = Hm \cdot Tga \quad (32)$$

em que Co, é o coeficiente orográfico, adimensional.

2.1.1.3.15 *Extensão média do escoamento superficial (l)*

Pode ser definida como a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer (Equação 34). Embora a extensão do escoamento superficial que efetivamente ocorre sobre os terrenos possa ser bastante diferente dos valores determinados por este índice, ele constitui uma indicação da distância média do escoamento superficial (GUARIZ, 2008).

$$l = \frac{A}{4L_{tot}} \quad (33)$$

em que l, é a extensão média do escoamento superficial, km.

2.2 **Fragmentação Florestal**

Fragmento Florestal é qualquer área de vegetação natural contínua (independente do seu estágio sucessional), interrompida por barreiras

antrópicas (estradas, culturas agrícolas, etc.) ou naturais (lagos, outras formações vegetais, etc.), que sofra diminuição significativa do fluxo de animais, pólen e/ou sementes (ESPÍRITO SANTO, 1997).

A principal consequência das atividades antrópicas é a fragmentação da paisagem natural, resultando sérios efeitos em sua flora e fauna. Os efeitos da fragmentação de seus ambientes podem ser variados e afetar diferentes espécies como também os processos ecológicos neles envolvidos (Le Bourlegat 2003).

A fragmentação florestal é uma ameaça presente em todos os ecossistemas florestais do planeta. A redução no número de indivíduos, o declínio nos tamanhos populacionais médios e a separação de remanescentes florestais por áreas não florestadas afetam processos genéticos fundamentais ocorrentes nas populações, como a deriva genética, o fluxo gênico e a reprodução.

Seoane (2007) indica os três efeitos genéticos mais óbvios da fragmentação florestal como sendo:

- i. Aumento da deriva genética
- ii. Aumento da endogamia
- iii. Redução do fluxo gênico
- iv. Aumento da probabilidade de extinção total

A fragmentação florestal leva à redução do tamanho populacional, criando gargalos genéticos (“bottlenecks”), pois os indivíduos que restam contêm apenas uma pequena amostra do conjunto gênico original. Quando se têm poucas gerações, os resultados observados se devem ao efeito de gargalo genético, mas a pequena população remanescente, caso permaneça isolada por muitas gerações, terá contínua perda de alelos devido à deriva genética aleatória, diminuindo a variabilidade dentro de populações e aumentando a diferenciação entre populações (SEOANE *et al.*, 2000). As consequências da deriva dependem do número de gerações que se passaram nos remanescentes. Tais efeitos apresentam implicações em relação à persistência da espécie. No curto prazo, a perda de heterozigiosidade pode reduzir a aptidão individual da espécie, inviabilizando o remanescente populacional. No longo

prazo, a redução da riqueza alélica deve limitar a habilidade das espécies a responderem às mudanças devidas à ação de forças seletivas (SEOANE et al., 2005). Outra consequência é a depressão endogâmica, ou seja, a redução da performance reprodutiva da espécie devido ao cruzamento entre indivíduos aparentados (SEOANE et al., 2005).

Quanto aos insetos, a fragmentação florestal tem sido relacionada à maior duração de surtos de pragas florestais, possivelmente devido a mudanças nas interações entre inimigos naturais e as mesmas, conforme Roland (1993), assim como à maior redução no número de espécies de parasitóides do que de seus hospedeiros fitófagos, de acordo com Kruess & Tschardt (1994), e a alterações na composição de polinizadores e na qualidade da polinização (AIZEN e FEINSINGER, 1994).

Nas florestas tropicais, a grande maioria das espécies é muito susceptível a processos de extinção, uma vez que essas espécies ocorrem em densidades populacionais muito baixas e participam de interações ecológicas às vezes muito estreitas e complexas com outras espécies, como as plantas floríferas e seus polinizadores, os predadores e suas presas. Assim, a extinção de uma espécie, que mantém relações de dependência com outras, pode promover o desaparecimento de várias outras com as quais ela interage (MYERS, 1987).

Na maioria dos casos relatados de fragmentação de florestas tropicais houve perda de espécies, principalmente, pela destruição do seu habitat; redução do tamanho da população; inibição ou redução da migração; efeito de borda alterando o microclima, principalmente em fragmentos menores; eliminação de espécies dependentes de outras já extintas, imigração de espécies exóticas para as áreas desmatadas circundantes e, posteriormente, para o fragmento. Espécies raras e com pequena área de distribuição, assim como aquelas que necessitam de habitats muito amplos ou especializados, parecem mais suscetíveis aos efeitos da fragmentação (TURNER, 1996).

2.3 Áreas Protegidas

As áreas de preservação permanente (APP) e as reservas legais (RL) são formas de proteção jurídica especial das florestas nacionais. Ambas foram instituídas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965). Os artigos 2º (sua redação original foi alterada pela Lei nº 7.803/89) e 3º criaram as denominadas áreas de preservação permanente, e os artigos 16º e 44º se destinam à reserva legal.

2.3.1 Área de Preservação Permanente (APP)

O Código Florestal Brasileiro define área de preservação permanente como:

“área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”

São consideradas como APP's, as florestas e demais formas de vegetação naturais situadas: ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal; ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; em torno de nascentes; no topo de morros, montes, montanhas e serras; em encostas ou partes destas, com declividade superior a 45º; nas restingas; nas bordas de tabuleiros ou chapadas; em altitude superior a 1800 metros; ou quando declaradas pelo Poder Público (BRASIL, 1965). E seus limites são detalhados na Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002.

Os benefícios da APP podem ser analisados sob dois aspectos: o primeiro deles com respeito a importância das APP's como componentes físicos do agroecossistema; o segundo, com relação aos serviços ecológicos prestados pela flora existente, incluindo todas as associações por ela proporcionada com os componentes bióticos e abióticos do agroecossistema.

Skopura (2003) apresenta as importâncias tanto físicas quanto ecológicas, assim, dentro das importâncias físicas tem-se: em encostas acentuadas a vegetação promove a estabilidade do solo pelo emaranhado de raízes das plantas, evitando sua perda por erosão e protegendo as partes mais baixas do terreno, como as estradas e os cursos d'água; na área agrícola, evita ou estabiliza os processos erosivos; nas áreas de nascentes a vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o seu impacto direto sobre o solo e a sua paulatina compactação, dessa forma permite, juntamente com toda a massa de raízes das plantas, que o solo permaneça poroso e capaz de absorver a água das chuvas, alimentando os lençóis freáticos; por sua vez, evita que o escoamento superficial excessivo de água carregue partículas de solo e resíduos tóxicos provenientes das atividades agrícolas para o leito dos cursos d'água, poluindo-os e assoreando-os; nas margens de cursos d'água ou reservatórios, garante a estabilização de suas margens evitando que o seu solo seja levado diretamente para o leito dos cursos; atuando como um filtro ou como um "sistema tampão". Esta interface entre as áreas agrícolas e de pastagens com o ambiente aquático possibilita sua participação no controle da erosão do solo e da qualidade da água, evitando o carreamento direto para o ambiente aquático de sedimentos, nutrientes e produtos químicos provenientes das partes mais altas do terreno, os quais afetam a qualidade da água, diminuem a vida útil dos reservatórios, das instalações hidroelétricas e dos sistemas de irrigação; no controle hidrológico de uma bacia hidrográfica, regulando o fluxo de água superficial e subsuperficial, e assim do lençol freático.

Enquanto os serviços ecológicos são: geração de sítios para os inimigos naturais de pragas para alimentação, reprodução; fornecimento de refúgio e alimento (pólen e néctar) para os insetos polinizadores de culturas; refúgio e alimento para a fauna terrestre e aquática; corredores de fluxo gênico para os elementos da flora e da fauna pela possível interconexão de APP adjacentes ou com áreas de Reserva Legal; detoxificação de substâncias tóxicas provenientes das atividades agrícolas por organismos da meso e microfauna associada às raízes das plantas; controle de pragas do solo; ciclagem de nutrientes; fixação de carbono, entre outros.

2.3.2 Reserva Legal (RL)

A Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal Brasileiro) define reserva legal como:

“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas.”

O tamanho desta área varia de acordo com o bioma que a mesma se insere, assim, a área varia de oitenta por cento em área de floresta localizada na Amazônia Legal a vinte por cento nos outros biomas com exceção ao bioma cerrado que a área é de trinta e cinco por cento.

A vegetação de áreas de RL não pode ser suprimida, mas apenas utilizada sob manejo florestal sustentável, de acordo com princípios e critérios técnicos e científicos estabelecidos no regulamento.

Deixar de averbar a reserva legal classifica-se como uma infração administrativa cometida contra o meio ambiente, sendo o autuado advertido de acordo com o Decreto nº 6514 de 22 de julho de 2008, que em seu Artigo 55 diz:

“Art. 55. Deixar de averbar a reserva legal:

(...)

Penalidade de advertência e multa diária de R\$50,00 (cinquenta reais) a R\$500,00 (quinhentos reais) por hectare ou fração da área de reserva legal.”

O Decreto nº7029 de 10 de dezembro de 2009, que institui o programa federal de apoio à regularização ambiental de imóveis rurais, denominado “Programa Mais Ambiente” diz em seu artigo 15.

“Art. 15. Os arts. 55 e 152 do Decreto nº6514, de 2008, passam a vigorar com a seguinte redação:

(...)

'Art. 152. O disposto no art.55 entrará em vigor em 11 de junho de 2011'. (NR) "

Dessa maneira os produtores rurais terão até 2011 para averbar a reserva legal sem sofrerem penalidades por infração administrativa cometida contra o meio ambiente.

3 METODOLOGIA

A área base deste estudo consiste na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce, localizada no centro do estado do Espírito Santo, como demonstra a Figura 6. Esta bacia abrange o território de três municípios, Colatina, Santa Teresa e São Roque do Canaã (Figura 7).

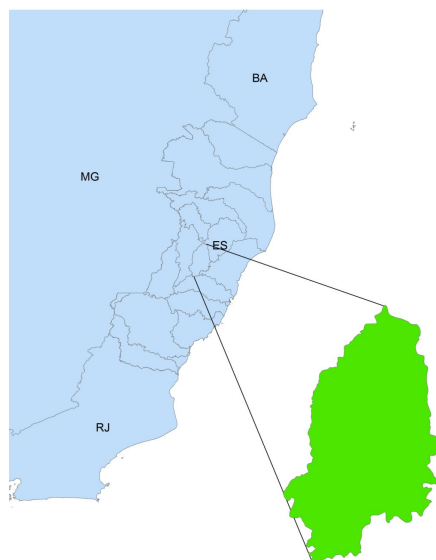


Figura 6 - Localização da Bacia Hidrográfica Rio Santa Maria do Doce.



Figura 7 – Divisão política da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

O clima na região varia de Subúmido (C2) a Subúmido seco (C1), a região se enquadra dentro da fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana

A metodologia adotada será subdividida segundo a abordagem principal a ser feita, ou seja, análise morfométrica e avaliação do cumprimento da legislação vigente.

3.1 Análise Morfométrica

A partir dos *shapes* básicos da bacia hidrográfica em estudos, que foram: mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce e o mapa da hidrografia do Espírito Santo, ambos obtidos do IEMA. Estes foram inseridos no software ArcGis 9.2®, onde por meio da *Calculate Geometry* foram obtidos os valores de área e perímetro da bacia e comprimento total dos cursos d'água, o valor de talvegue e comprimento axial foram obtidos através da ferramenta *measure*.

3.1.1 Características geométricas

Foram calculadas as seguintes características morfométricas associadas a características geométricas:

- Coeficiente de compactidade (K_c) – Equação 01
- Fator de forma (K_f) – Equação 02
- Razão de alongação (R_e) – Equação 03
- Índice de circularidade (I_c) – Equação 04
- Índice entre o comprimento e a área da bacia (I_{CO}) – Equação 05

3.1.2 Características da hidrografia

A partir dos conceitos de classificação do rio segundo Horton, Strhaler e Shreve, estes foram feitos manualmente na hidrografia da bacia em estudo.

As características da hidrografia calculadas foram:

- Densidade de drenagem (Dd) – Equação 06
- Densidade hidrográfica (Dh) – Equação 07
- Coeficiente de torrencialidade (Ct) – Equação 08
- Densidade de confluência (Dc) – Equação 09
- Relação de bifurcação (Rb) – Equação 10
- Relação ponderada de bifurcação (Rpb) – Equação 11
- Relação entre o comprimento médio dos canais (RIm) – Equação 12
- Relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rib) – Equação 13
- Sinuosidade do curso d'água (SIN) – Equação 14
- Índice de sinuosidade (Is) – Equação 15
- Declividade S1 – Equação 16
- Declividade S2 – Equação 17
- Declividade S3 – Equação 18
- Declividade S4 – Equação 19
- Coeficiente de manutenção (Cm) – Equação 20

Para os cálculos de declividade do álveo foi necessário traçar o perfil longitudinal do curso d'água principal. Onde, a partir dos dados de comprimento e altura, foram obtidas as declividades seguindo as equações de S1, S2, S3 e S4.

3.1.3 Características de Relevo

A partir do mapa de altitude (SRTM) obtiveram-se os valores de altitude máxima e mínima, sendo que a altitude média foi obtida por meio da média ponderada utilizando a quantidade de pixel como fator peso na equação. A declividade foi obtida através da função *slope* do módulo *Spatial Analyst* do Software ArcGis 9.2®, onde se obteve os valores de declividade máxima e mínima, e assim como a altitude, a declividade média foi obtida através da média ponderada.

A curva hipsométrica foi traçada a partir da metodologia apresentada em Vilella e Mattos (1975), baseada na divisão da bacia em regiões com altitudes variando em faixas preestabelecidas e na determinação de suas áreas. Para tanto, criou uma tabela da seguinte forma:

- 1º. Definiram-se os intervalos de classes de altitudes (cotas) de 50 em 50 metros (coluna “Cotas (m)”), este valor foi determinado devido a escala dos mapas;
- 2º. Calculou-se a altitude (cota) média de cada intervalo de classe pré-estabelecido (coluna “Ponto Med (m)”);
- 3º. Determinou-se quais as áreas da bacia que possuem altitudes dentro das faixas de variação de cotas pré-estabelecidas (coluna “Área (Km²)”);
- 4º. Calculou-se a área da bacia com altitude superior à altitude mínima de cada limite de classe (coluna “Área Acum (Km²)”);
- 5º. Calculou-se qual o percentual da área da bacia ocupada por cada uma das áreas acumuladas (coluna “% Acum”).

Para o cálculo da Integral hipsométrica (IH) seguiu-se a metodologia a seguir, recomendada por Cabral et al. (2008): digitalizaram-se as áreas das bacias compreendidas entre a primeira curva de nível e a linha do divisor de águas na sua parte mais alta e a seguir as áreas projetadas (a) correspondentes a cada curva e sua subsequente. Estabeleceu-se as relações de cada área projetada com a área total da bacia (a/A). Esses valores são representados no eixo das abscissas (X) e as altitudes relativas (h/H) no eixo das ordenadas (Y), sendo H a amplitude altimétrica e h a altitude relativa entre as curvas. O valor da integral hipsométrica de cada bacia hidrográfica é obtido planimetrando-se as áreas delimitadas pela parte inferior das curvas e os eixos “X” e “Y”.

Para as demais características morfométricas associadas ao relevo, foram utilizadas as seguintes equações:

- Lado maior do retângulo equivalente (L) – Equação 21
- Lado menor do retângulo equivalente (lr) – Equação 22
- Índice de alongamento (KI) – Equação 23

- Índice de rugosidade (HD) – Equação 24
- Coeficiente de rugosidade (CR) – Equação 25
- Razão de relevo (Rr) – Equação 26
- Razão de relevo relativo (Rrl) – Equação 27
- Fator topográfico (Ft) – Equação 28
- Textura topográfica (T) – Equação 29
- Razão de textura (T) – Equação 30
- Coeficiente de massividade (Tga) – Equação 31
- Coeficiente orográfico (Co) – Equação 32
- Extensão média do escoamento superficial (I) – Equação 33

3.2 Fragmentação Florestal

Por meio de dezoito ortofotos que abrange a área da bacia em estudo (Figura 8) oriundas do ortofotomosaico IEMA 2007/2008, de resolução espacial de um metro, foram formulados mapas temáticos de cobertura florestal, a partir da digitalização em tela dos fragmentos, ou seja, dentro do software ArcGis 9.2® criou-se um *shape* denominado fragmentos e por meio da ferramenta *editor* foi feito o contorno dos fragmentos manualmente.

Articulação das Ortofotomosaicos

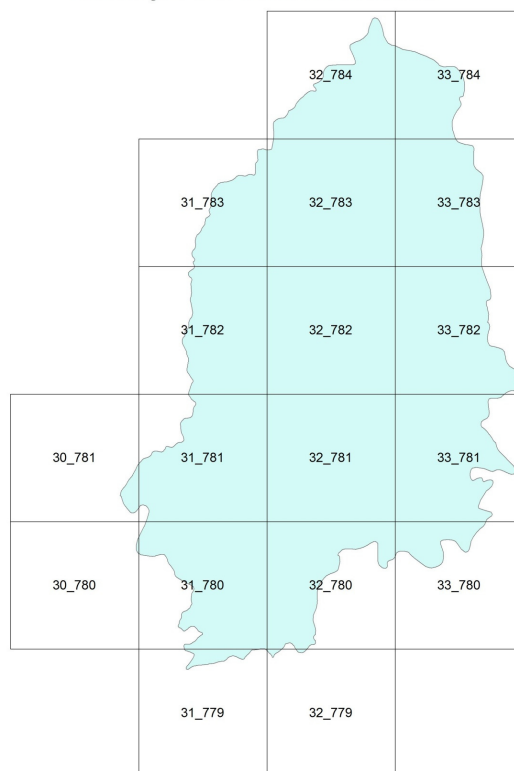


Figura 8 – Articulação das ortofotomosaicos utilizadas na delimitação manual dos fragmentos florestais.

3.3 Áreas protegidas

Para a delimitação das APP's em torno dos cursos d'águas, definiu-se que os cursos de ordem 1, 2, 3 e 4 segundo a classificação de Horton teriam largura inferior a 10 metros, enquanto os cursos de ordem 5 e 6 possuem largura entre 10 e 50 metros. A partir dessas informações e do *shape* de hidrografia da bacia em questão obtidos do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) aplicou-se um *buffer* de 30 metros para os cursos de largura inferior a 10 metros e um *buffer* de 50 metros para os cursos de largura entre 10 e 50 metros através da ferramenta *buffer* dentro do módulo *Analysis tools/Proximity*, obtendo-se assim o mapa de preservação em torno dos cursos d'água que foi denominado "mata ciliar".

Com o *shape* de hidrografia da região localizou-se as nascentes, e por meio da ferramenta *buffer* do módulo *Analysis tools/Proximity*, foi delimitada uma área circular centrada em cada nascente e com raio de 50 m, obtendo o *shape* denominado “nascentes”.

Para delimitação das APP's de topo de morro, utilizou-se a metodologia proposta por Hott et al. (2004), abaixo segue a descrição detalhada dos passos:

- Refinamento – Dentro do módulo *Spatial Analyst* na guia *Hidrology*, escolheu-se a função *Fill*, onde o *input* é o MDE e o *output* será o FILL_MDE.
- Identificação dos cumes e delineamento das elevações – Inicialmente foi necessário configurar o módulo *Spatial Analyst*. Para isso, dentro da opção *options* deste módulo definiu-se uma pasta de trabalho (*Working directory*). A máscara de dados (*Analysis Mask*) a extensão do mapa (*Analysis extent*) e o tamanho da célula (*Analysis cell size*) foi definido como FILL_MDE. Depois dentro de *Raster Calculator* dentro deste menu digitou-se a expressão “MDE_INV = [FILL_MDE] * -1”. Depois de gerado o MDE_INV determinou-se a direção de escoamento por meio da função *Flow Direction* dentro da guia *Hidrology*, onde o *input* foi o MDE_INV e o *output* o FLOW_INV, após isso utilizou-se a função *sink*, onde o *input* foi o FLOW_INV e o *output* SINK_MASK. Por fim, alterou-se a máscara de dados para SINK_MASK e utilizou-se a expressão “CUME = [FILL_MDE]” dentro de *Raster Calculator* para determinações dos cumes.
- Geração das regiões de domínio das elevações – na guia *Hidrology* utilizou-se a função *Basin* onde o *input* foi o FLOW_INV e o *output* BASIN_INV, depois dentro da *Raster Calculator* inseriu a expressão “Buildvat BASIN_INV”.
- Geração dos cumes refinados – dentro da guia *Zonal* do módulo *Spatial Analyst* selecionou-se a função *Zonal statistics* onde o *input raster* foi BASIN_INV, o *input value raster* foi CUME, a

statistics type MAXIMUM e o *output* CUME_MAX. Depois altera-se a máscara de dados para CUME, e dentro da *Raster Calculator* rodou-se a expressão “ $cume_mde = con([cume] == [cume_max], [cume], setnull([cume]))$ ”

- Determinação da altitude da base – Alterou-se a máscara de dados para FILL_MDE, e depois utilizou-se a função *Zonal statistics*, onde o *input raster* foi BASIN_INV, o *input value raster* foi FILL_MDE, a *statistics type* MINIMUM e o *output* BASE_MDE
- Cálculo de declividades e determinação da declividade máxima – Dentro da guia *Surface* do módulo *Spatial Analyst* escolheu-se a função *slope* onde o *input* foi FILL_MDE, o *output measurement* PERCENT_RISE e o *output* DECL_MDE. Depois utilizou-se a função *Zonal Statistics* onde o *input raster* foi BASIN_INV, o *input value raster* foi DECL_MDE, a *statistics type* MAXIMUM e o *output* DECMAX_MDE.
- Classificação das elevações como morros e montanhas – Alterou-se a máscara de dados para CUME_MDE e dentro da *Raster Calculator* inseriu-se a expressão “ $TERCO_TM_1 = CON((((([CUME_MDE] - [BASE_MDE]) >= 50) \& (([CUME_MDE] - [BASE_MDE]) <= 300) \& ([DECMAX_MDE] > 30)) - (([CUME_MDE] - [BASE_MDE]) > 300), (([CUME_MDE] - ([CUME_MDE] - [BASE_MDE]) / 3)), SETNULL([CUME_MDE]))$ ”.
- Agrupamentos dos morros ou montanhas com distância de proximidade inferior a 500 metros e aplicação da altitude da menor elevação – Alterou-se a máscara de dados para TECO_TM_1, e dentro da guia *Math* do módulo *Spatial Analyst* escolheu-se a função *int* onde o *input* foi TECO_TM_1 e o *output* TERCO_TM. Após isto, converteu-se o mapa tipo *raster* em *shape* por meio da função *Raster to feature* na guia *convert* dentro do menu *Spatial Analyst*. Depois utilizou-se a função *buffer* dentro da guia *proximity* do módulo *Analysis tools*, onde o *input* foi TERCO_TM-PT a *distance* foi 249,5 e o *output* TERC_MSK, depois disso clicou-se com o botão direito do mouse no TERC_MSK e na função *Join and Relates*, escolheu-se *Join* onde

dentro de *what do you want to join to this layer* selecionou *Join data from another layer based on spatial location*, onde em *load spatial data* selecionou-se TERCO_TM-PT, em *summarize* MINIMUM e *output* como T_MASK_JOIN, depois repetiu-se esta função para TERCO_TM-PT, porém em *load spatial data* selecionou-se T_MASK_JOIN e *output* TERCO_TM2. Depois converteu-se TERCO_TM2 em *raster* através da função *Feature to Raster* dentro do menu *Spatial Analyst* na guia *Convert* onde, o *input* foi TERCO_TM2, *Field* MIN_GRID_C e o *output* TERCO_TM3

- Determinação das áreas de preservação permanente em topos de morros e montanhas – Alterou-se a máscara de dados para FILL_MDE, depois em *Zonal Statistics* selecionou-se em *input raster* BASIN_INV, em *input raster value* TERCO_TM3, em *statistics type* MAXIMUM e *output* TERCO_FINAL. Depois alterou-se novamente a máscara de dados para TERCO_FINAL, e por último utilizou-se a expressão “APP_TM = CON([FILL_MDE] >= [TERCO_FINAL], [FILL_MDE], SETNULL([FILL_MDE]))” dentro da *Raster Calculator*.
- Vetorização das APP's – Converteu-se APP_TM em *shape* através da função *Raster to feature*, e depois utilizou-se a função *Dissolve* dentro da guia *Generalization* do módulo *Data Management Tools*. Por fim criou-se campos de área e utilizou-se a *Calculate Geometry* para determinar as áreas de cada topo de morro.

As encostas com declividade superior a 45° foram determinadas a partir do modelo digital de elevação (MDE), obtido através de dados de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Essas imagens fazem parte de um programa de reconstituição do relevo do país, desenvolvido pela Empresa Monitoramento por Satélites (MIRANDA, 2005). Dentro do programa ArcGis 9.2® inseriu o MDE e dentro do módulo *Spatial Analyst*, da guia *Surface analysis* aplicou-se a função *slope*, onde se fez referência ao modelo de altitude, ao tamanho da resolução espacial, que neste caso foi de 90 metros, e a unidade

da declividade (porcentagem ou graus), neste caso escolheu graus. Onde ao final desta rotina obteve-se o mapa denominado “declividade”.

Ainda por meio do modelo de elevação aplicou-se a reclassificação para se obter o mapa com altitudes superiores a 1800 m cuja denominação foi de “altitude”, a rotina utilizada foi a seguinte: Dentro do módulo *Spatial Analyst*, escolheu-se a guia *Reclass* e a função *Reclassify*, onde foi selecionado que para valores acima de 1800 seria dado o valor de 1 e para valores inferiores a 1800 seria dado valor igual a zero. Após reclassificação, foi necessário converter o mapa reclassificado que está em formato *raster* em formato vetor (*shape*), para isso utilizou-se a ferramenta *Raster to Polygon* dentro do módulo *Conversion Tools* e da guia *From Raster*.

Após obtenção dos mapas denominados “mata-ciliar”, “nascentes”, “topo de morro”, “declividade” e “altitude” utilizou-se a ferramenta *merge* dentro do módulo *Data Management Tools* e da guia *General*, para união dos mesmos e formação do mapa de áreas de preservação permanente da bacia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Morfometria

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce possui área de drenagem igual a 934,13 km², perímetro de 1171,92 km e comprimento axial de 53 km. A partir destes dados, a Tabela 1 mostra as características geométricas da Bacia.

Tabela 1 – Características geométricas da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce.

Características Geométricas	
Kc - Coeficiente de compacidade	1,5750
Kf - Fator de Forma	0,3315
Re - Razão de Elongação	0,6495
Ic - Índice de Circularidade	0,0001
ICO - Índice entre o comprimento e a área da bacia	1,7905

A bacia apresentou baixa propensão a grandes enchentes, evidenciado tanto pelo valor de Kc, que foi maior do que 1,5 quanto pelo Kf cujo valor foi menor que 0,5, ambos classes proposta por Silva e Mello (2008). Este fato se deve a forma da bacia em questão ser mais alongada que circular, inferência esta obtida através do Ic, onde valores menores que 0,51 sugerem a tendência da bacia em ser alongada (Borsato, 2005), e através do ICO onde quanto maior que um este índice for, mais alongada é a bacia (EPAGRI, 1997).

As bases hidrográficas da região constitui-se por aproximadamente 500 cursos d'águas (Figura 9), sendo o Rio Santa Maria do Doce o principal, com cerca de 93 km de extensão.

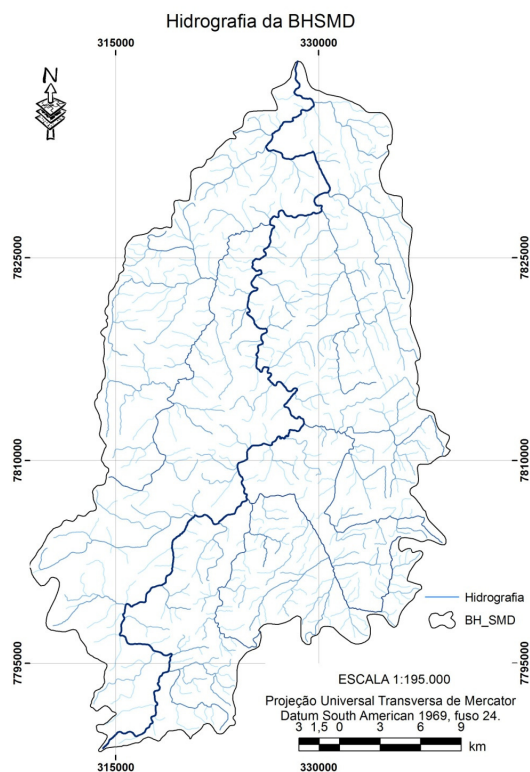


Figura 9 – Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Dentro das classificações feitas, a hidrografia foi considerada como nível 7 sob a ótica de Horton, nível 6 sob Strhaler e Shreve foi obtida a ordem de 499. Assim, temos uma contribuição de 499 nascentes dentro do território em estudo e o rio principal realmente foi o Santa Maria do Doce segundo a classificação de Horton. A Tabela 2 mostra as diferenças encontradas na classificação dos cursos d'águas segundo as metodologias adotadas.

Tabela 2 – Quantidade de cursos d'água classificados segundo a ordem sugerida pelos métodos de Horton e Strhaler.

Horton		Strhaler	
Ordem	Qtdd	Ordem	Qtdd
1	370	1	500
2	90	2	116
3	29	3	28
4	6	4	8
5	3	5	2
6	1	6	1
7	1		
Total	500	Total	655

A Tabela 3 mostra as características morfométricas associadas às características da hidrografia para a bacia analisada.

Tabela 3 – Características da Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Características da hidrografia	
Dd - Densidade de Drenagem (km/km ²)	1,2796
Dh - Densidade Hidrográfica (curso/km ²)	0,5352
Ct - Coeficiente de torrencialidade	0,6849
Dc - Densidade de confluência	0,5245
SIN - Sinuosidade do Curso d'água	1,8068
Is - Índice de sinuosidade (%)	44,6539
S1 (m/m)	0,0102
S2 (m/m)	0,0042
S3 (m/m)	0,0035
S4 (m/m)	0,0063
Cm - Coeficiente de Manutenção (m ² /m)	781,4624

A densidade de drenagem foi considerada baixa, pois o valor encontrado foi menor que 5 km km⁻² segundo a classificação de Silva e Mello (2008), indicando que esta bacia hidrográfica apresenta baixa relação entre o comprimento de rios e a área da bacia indicando um eficiente escoamento de fluxo de água e boa infiltração para o lençol freático, ou seja uma menor propensão a inundações, fato este observado pelo valor baixo do Ct. O valor de Dh informa que existe aproximadamente um rio para cada dois quilômetros quadrados da bacia, indicando um ambiente favorável para a geração de novos cursos fluviais como apresentado por Castro e Carvalho (2009). Além de que nestes dois quilômetros quadrados a probabilidade de encontrar pelo menos 1 união de dois cursos d'água ou mais é muito alta, fato este encontrado a partir do valor de Dc.

A sinuosidade do curso d'água principal foi considerada como sinuoso pela classificação de Crhistofolletti (1981) citado por EPAGRI (1997), pois o valor de Is está entre 40 e 50%, fato este observado também pelo valor de SIN que está próximo de 2, onde Alves e Castro (2003) indica que o canal é tortuoso.

A declividade do canal principal ou álveo (Figura 10) mostra que praticamente nos 15% iniciais do rio estão as maiores declividades, e depois o

rio mantêm-se com uma declividade quase constante. Com o auxílio do valor de S3, que é um valor bastante representativo da declividade do álveo, pois apresenta uma idéia do tempo de percurso da água ao longo do perfil longitudinal, e dos valores de Is e SIN pode-se inferir que a velocidade do fluxo de água no canal principal é relativamente lenta.

Declividade do Álveo

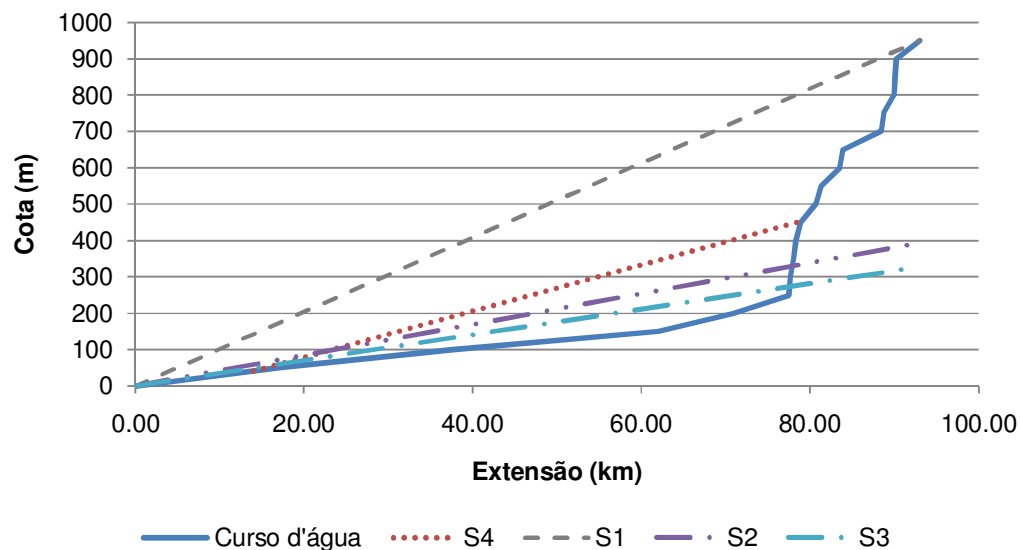


Figura 10 – Declividade do álveo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

A Tabela 4 mostra os valores obtidos para cada ordem do curso d'água segundo a classificação de Strhaler, a relação do número de canais e índices de bifurcação e comprimento da Bacia do Rio Santa Maria do Doce.

Tabela 4 – Análise linear da rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Ordem	Qtdd	Compr Médio	RPb	Rb	RIm	Rib
1	500	1,49		-	-	-
2	116	1,77	2655,17	4,31	0,84	0,19
3	28	3,83	596,57	4,14	0,46	0,11
4	8	8,91	126,00	3,50	0,43	0,12
5	2	21,54	40,00	4,00	0,41	0,10
6	1	25,00	6,00	2,00	0,86	0,43
Total	655		3423,74			

A relação de bifurcação está variando de 2 a 5, indicando que o relevo da maioria dos rios de primeira a quinta ordem estão em regiões com alto nível de dissecação, enquanto o segmento do rio de ordem 6 esta em uma região mais colinosa. Sendo o que mais representa a bacia é o Rpb cujo valor foi de 5,23, apresentando alto nível de dissecação da bacia, ou seja, formas de relevo entalhadas pelos agentes erosivos principalmente ao longo da rede hidrográfica onde houve um rebaixamento das saliências.

Ao observar a relação entre os comprimentos médios de canais (RIm) de cada ordem, consegue-se caracterizar um equilíbrio entre os comprimentos médios dos canais de 2ª a 5ª ordem, pois em relação aos outros valores encontrados para as demais ordens, a variação foi pequena.

Barbosa e Furrier (2009) citam Christofolletti (1980), onde este indica que se ocorrer o aumento do Rib em conjunto com a ordem hierárquica, mostra a importância do fator geológico no desenvolvimento da drenagem de maior ordem. Este fato não foi observado na bacia hidrográfica em questão, mostrando pouca influência do fator geológico na constituição hierárquica da hidrografia local, porém não o torna menos importante nem tampouco influente.

A Tabela 5 mostra as características do relevo encontradas para a bacia em estudo.

Tabela 5 – Características do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Características do Relevo	
L - Lado maior do retângulo equivalente (km)	73,1983
lr - Lado menor do retângulo equivalente (km)	12,892
Kl - Índice de alongamento	5,6778
HD - Índice de rugosidade	1352,5922
CR - Coeficiente de rugosidade	0,3348
Rr - Razão de Relevo	0,0199
Rrl - Razão de Relevo relativo	0,0061
Ft - Fator Topográfico	0,0042
Tt - Textura topográfica	2,1830
T - Razão de Textura	2,9083
Tga - Coeficiente de massividade (m/m ²)	0,3508
Co - Coeficiente orográfico	130,0972
l – Extensão média do escoamento superficial (km)	0,1954

Por meio dos valores encontrados para os lados do retângulo equivalente percebe-se a discrepância entre os valores, cuja magnitude chega a cerca de 60 km, indicando alto nível de alongamento, fato este expresso no índice de alongamento, onde para valores superiores a 2 indica alongamento da bacia (VILELLA E MATTOS, 1975).

A partir da representação do retângulo equivalente (Figura 11), consegue-se ter uma visualização da participação das altitudes dentro da bacia, e sua implicação na mesma.

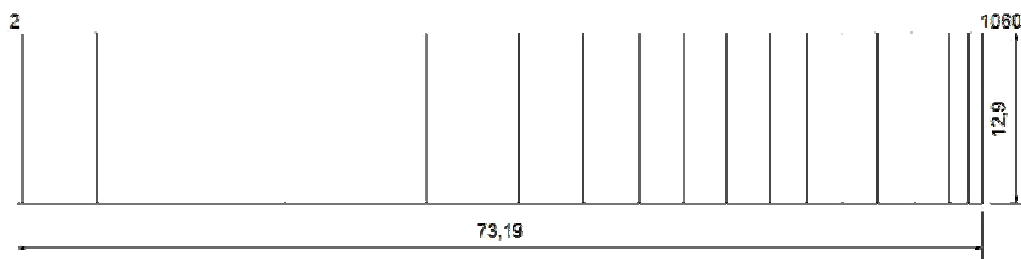


Figura 11 – Retângulo equivalente da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

A Figura 12 mostra que a bacia possui altitude máxima de 1060 metros e mínima de dois metros, a média de 373 m e a mediana é de 528 m. As maiores altitudes são encontradas na zona sul da bacia (Figura 13), praticamente em todo o território de Santa Teresa. A foz da bacia se encontra no município de Colatina, aonde a altitude chega próximo ao nível do mar.

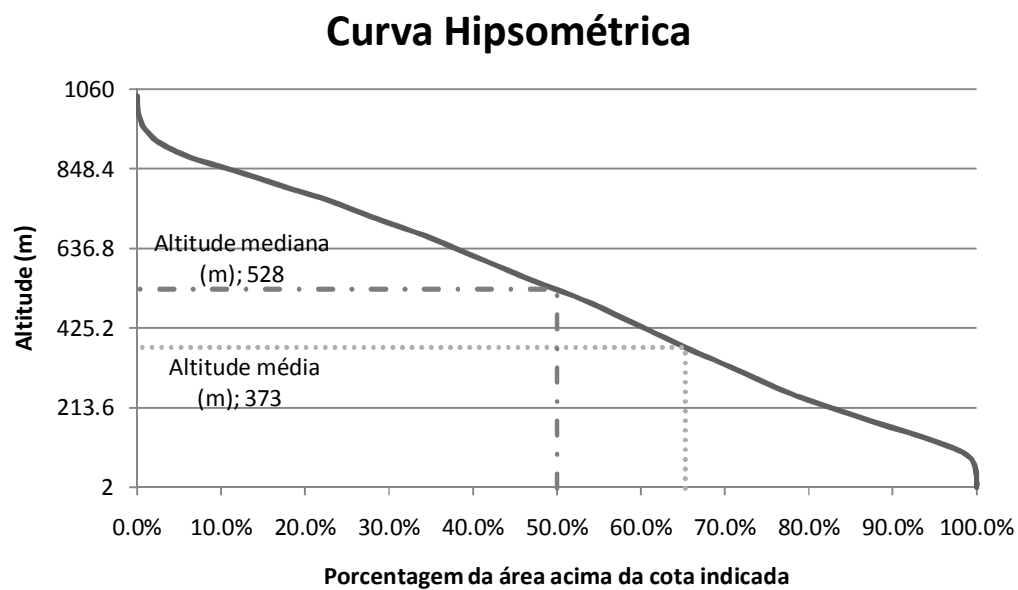


Figura 12 – Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica Santa Maria do Doce.

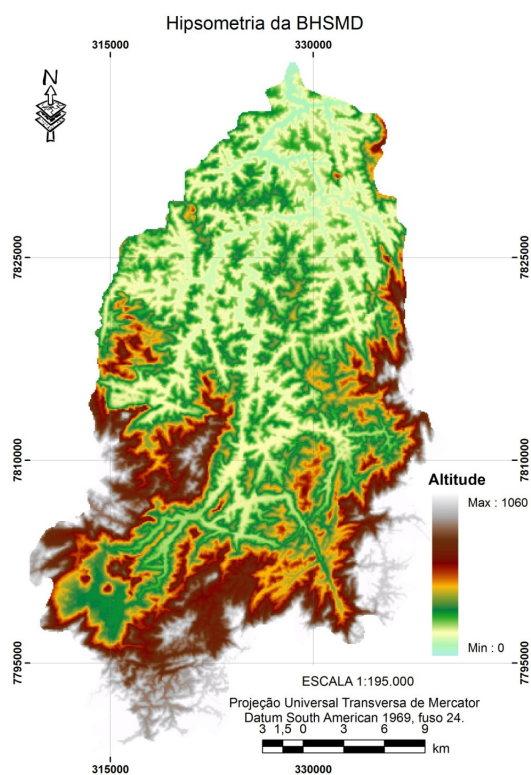


Figura 13 – Mapa de altitude (Hipsometria) da Bacia Hidrográfica do Santa Maria do Doce.

A Bacia hidrográfica em estudo apresentou potencial do solo para a agricultura, pois o CR foi menor que 23, porém o CR é um índice não exclusivista, possibilitando outros usos dentro da bacia em questão.

O índice de razão de relevo (Rr) permite comparar a altimetria das regiões e quanto maiores seus valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, e ainda reflete a relação infiltração/deflúvio, demonstrando uma identificação com a densidade de drenagem (Rossi e Pfeifer, 1999), desta maneira pode se inferir que o relevo é predominantemente baixo indicando uma estabilidade do relevo, pois o valor encontrado foi de 0,019, e baixa movimentação topográfica devida ao baixo valor de Rrl.

O fator topográfico procura analisar a capacidade de escoamento de uma bacia por meio da densidade hidrográfica, índice de circularidade e a razão de relevo relativo. O valor encontrado para a bacia em estudo foi de praticamente zero, logo, a bacia apresenta praticamente nenhuma capacidade de enchente e com boa capacidade de escoamento, este valor foi favorecido devido aos baixíssimos valores do índice de circularidade e de razão de relevo.

Dissecação é o processo pelo qual as erosões fluvial, pluvial e glacial rebaixam os vales, aprofundando-os em relação aos divisores de água. Quanto mais dissecada é uma região, maior é a área ocupada pelas vertentes. O grau de dissecação mede a exposição de uma superfície a eventos erosivos, onde em regiões com muitos vales profundos, isto é, com vertentes longas e grandes declividades, este grau é maior, enquanto superfícies pouco dissecadas são em geral aplainadas ou levemente onduladas, como é o caso das planícies e planaltos. Desta forma, a Bacia possui grau de entalhamento e dissecação do relevo classificado por França (1968) como grosseira, tanto por intermédio da razão de textura (T) quando pela textura topográfica (Tt), devida a valores inferiores a 4 e a 2,5, respectivamente.

A Figura 14, mostra a integral hipsométrica da bacia estudada cujo comportamento segue como convexo-côncava. Pelo coeficiente de massividade, a bacia apresenta distribuição de terras com distribuição assimétrica para a esquerda, ou seja, possui maiores porcentagens de terras mais baixas.

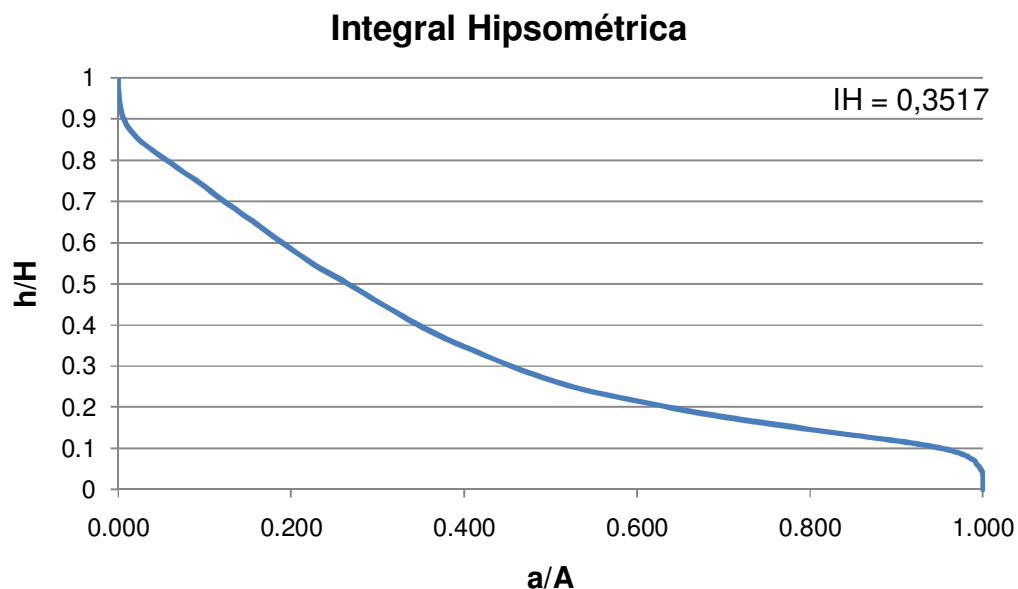


Figura 14 – Integral hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

A distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer foi de 195 m.

A declividade dentro da bacia varia de 0 a 170% (Figura 15), cuja declividade média é de 26%. Segundo a classificação da EMBRAPA (Tabela 6) a bacia se enquadra dentro de “Relevo fortemente ondulado”.

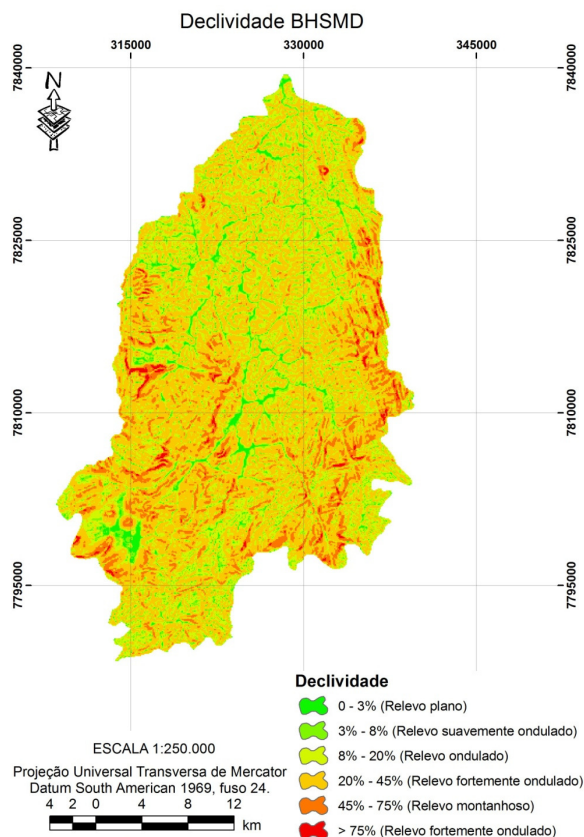


Figura 15 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Tabela 6 – Distribuição de declividade segundo classificação da EMBRAPA.

Declividade (%)	Classificação	%
0 – 3	Relevo Plano	3%
3 – 8	Relevo Suavemente Ondulado	8%
8 – 20	Relevo Ondulado	28%
20 -45	Relevo Fortemente Ondulado	51%
45 – 75	Relevo Montanhoso	10%
> 75	Relevo Fortemente Ondulado	1%

4.2 Fragmentação florestal

A Figura 16 mostra o mapa de cobertura de formações florestais da bacia em questão, enquanto a Figura 17 mostra a distribuição de tamanho destes fragmentos.

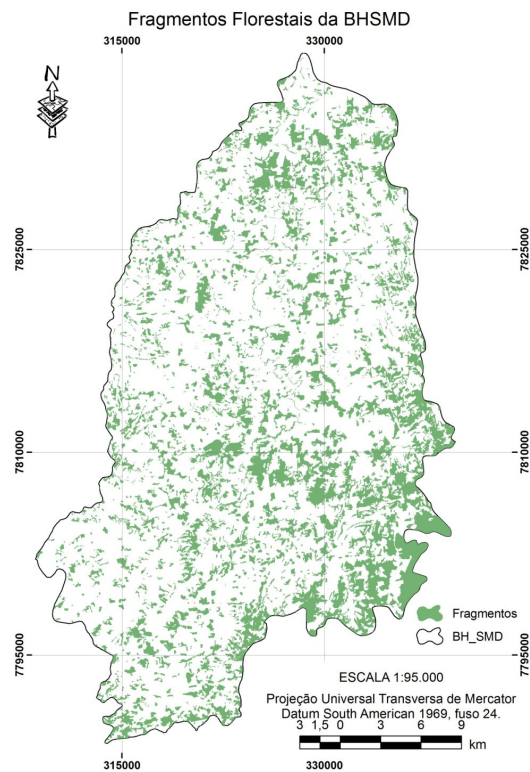


Figura 16 – Fragmentação florestal da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

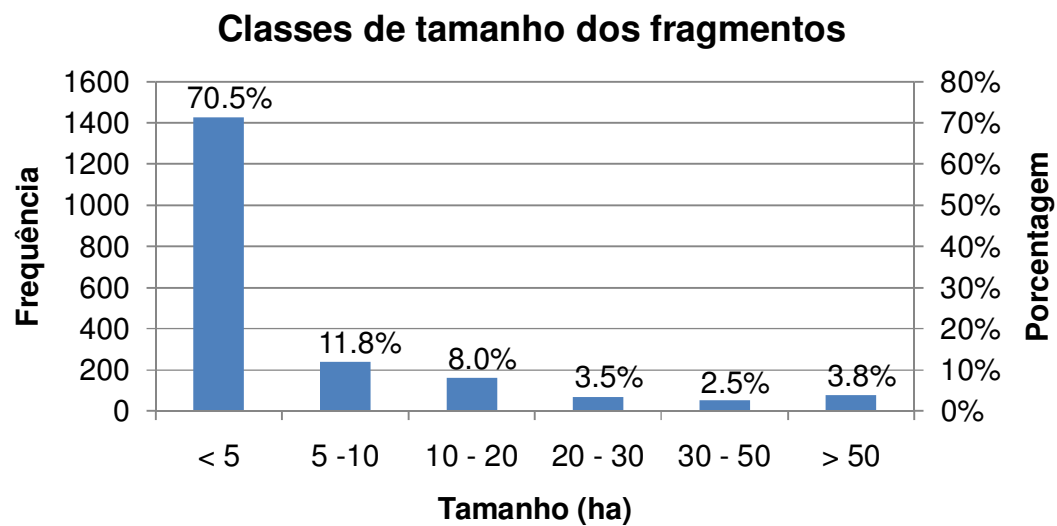


Figura 17 - Distribuição de classes de tamanho dos fragmentos florestais da Bacia hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Foram observados 2025 fragmentos florestais, sendo que setenta por cento dos fragmentos estão concentrados na classe de tamanho inferior a 5 hectares, enquanto aproximadamente 4% do total dos fragmentos possuem tamanho superior a 50 ha. A cobertura florestal oriunda dos fragmentos menores que cinco hectares, corresponde a 2274 ha, enquanto a dos fragmentos superiores a 5 ha corresponde a 12831 ha, isso nos indica que mesmo em quantidades muito maiores os pequenos fragmentos possuem uma área total muito menor que os da última classe de tamanho. Mesmo que fossem superiores em cobertura vegetal, o simples fato de estarem separados por algum tipo de barreira (pastagem, rochas, rios, construções, dentre outros) estes fragmentos possuem uma contribuição muito menor ao que se diz respeito à manutenção genética, biodiversidade, geração de sítios para os inimigos naturais, estabilização de processos erosivos, do que se comparados com os fragmentos maiores que 50 ha.

Segundo Viana e Pinheiro (1998) corroborado por Bernacci et. al (2006) os grandes fragmentos em geral possuem menor grau de isolamento, menor nível de degradação, menores riscos de perturbações e contexto sócio-cultural favorável. Por outro lado, os fragmentos pequenos em alguns casos são raros na paisagem, e em muitos casos, apresentam pequenas populações de espécies ameaçadas de extinção.

Pela análise espacial da paisagem, pode se inferir que a paisagem não é homogênea (Figura 18) quanto às características de fragmentação dos ecossistemas naturais, esta diferença se deve principalmente as diferenças climáticas existentes dentro da bacia, onde ao norte se tem um clima mais seco e quente, enquanto ao sul o clima é mais frio e úmido.

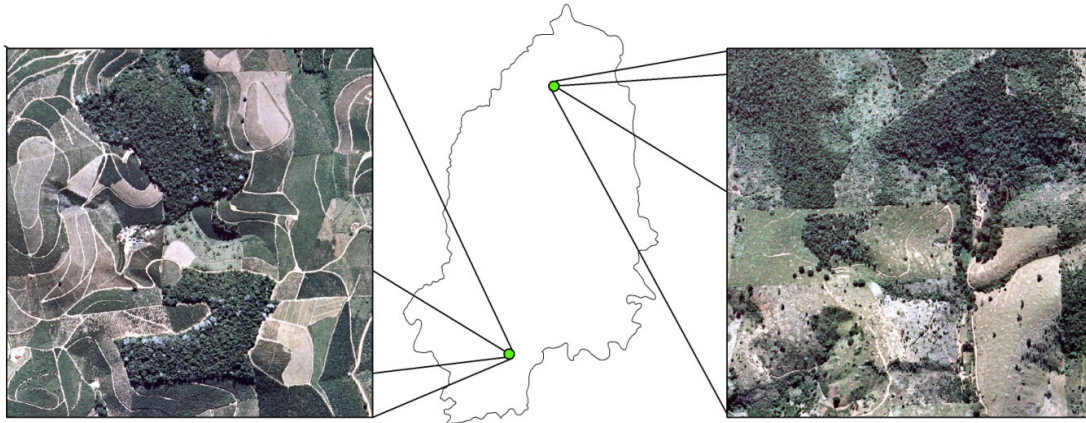


Figura 18 – Diferenças dos fragmentos florestais quanto a posição dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Os fragmentos florestais não são autossustentáveis, a degradação destes é resultado da complexa interação entre fatores inerentes ao processo de fragmentação, como redução da área, maior exposição ao efeito de borda e isolamento, e a constante pressão antrópica. Estes fatores se manifestam e se combinam de diversas formas, gerando diferentes formas de degradação. Como consequência cria-se um mosaico de eco-unidades único para cada fragmento florestal. A importância relativa dos fragmentos florestais na composição da cobertura florestal das paisagens intensamente cultivadas e a biodiversidade residente nestes permite defini-los como elementos chave para a recuperação qualitativa destas paisagens visando à sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida (VIANA e PINHEIRO, 1998).

Os efeitos de borda e os efeitos de área são os mais importantes fatores que levam às mudanças em comunidades fragmentadas. Os efeitos de área referem-se às mudanças ecológicas que ocorrem em função do isolamento do fragmento e são proporcionais à área do fragmento. Por exemplo, as espécies que ocorrem naturalmente em baixa densidade podem sofrer considerável redução do tamanho populacional em fragmentos pequenos e, além disso, tornam-se mais vulneráveis à extinção local devido a eventos estocásticos demográficos, catastróficos e genéticos. Os efeitos de borda, por outro lado, são causados por gradientes diferenciados de mudanças físicas e bióticas próximas às bordas florestais, acarretando modificações nas condições microclimáticas e aumento da turbulência de ventos, resultando num aumento nas taxas de mortalidade e danos de árvores e conseqüente abertura de

clareiras próxima às bordas, e conseqüente mudanças na abundância relativa e composição de espécies de plantas, em grande parte devido ao aumento no recrutamento e densidade de espécies arbóreas pioneiras, aumento na densidade de cipós adaptadas a locais degradados e diminuição na densidade de plântulas de espécies tardias. Ambos os efeitos operam paralelamente, já que quanto menor o tamanho de um fragmento florestal maior é a razão borda/área e, portanto fragmentos menores estão mais sujeitos a maiores intensidades dos efeitos de borda (NASCIMENTO e LAURENCE, 2006).

As unidades de conservação presentes no território de Santa Teresa, não contribuíram diretamente na fragmentação florestal, pois seu território encontra-se fora dos limites da bacia hidrográfica em estudo, porém nos locais próximos a estas unidades de conservação, principalmente a Reserva Biológica Augusto Ruschi foram constatados os maiores fragmentos florestais.

A criação dos corredores ecológicos (Figura 19), proposto pelo IEMA, do Alto do Misterioso e do Centro Norte Serrano, serão de grande importância, pois sua localização permitirá um aumento considerável da área coberta por fragmentos inteiros.

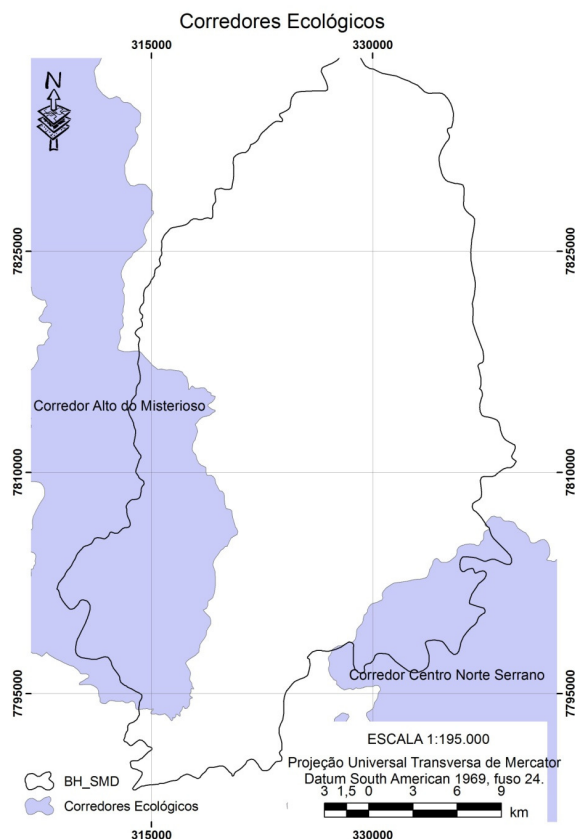


Figura 19 – Corredores Ecológicos a serem implantados, e que passam pela Bacia Hidrográfica do Santa Maria do Doce.
Fonte: IEMA.

4.3 Áreas protegidas

As áreas de preservação permanentes para a área em estudo estão representadas na Figura 20, cabe ressaltar que áreas acima de 1800 metros não foram encontradas dentro da Bacia, deste modo estas áreas não foram contabilizadas na área total destinada à APP. A área que deve ser de preservação permanente segundo a legislação vigente e de cerca de 31.358 hectares (33%), e a área destinada à reserva legal deve ser de aproximadamente 18683 hectares (20%).

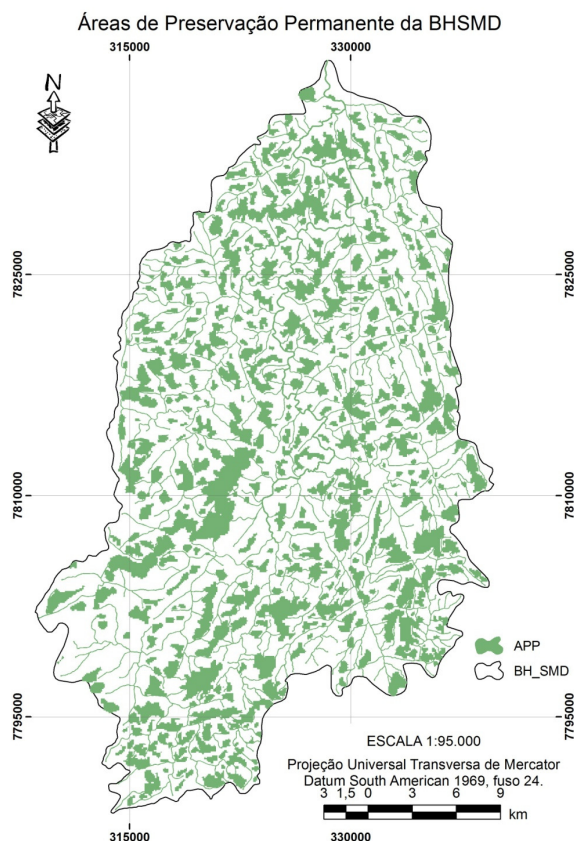


Figura 20 – Mapa de áreas de preservação permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce.

Para que a Bacia em questão, em princípio, se enquadre dentro da lei, é necessário que em seu território seja destinado aproximadamente 50041 hectares equivalente a 53% do território, sendo que o que foi encontrado via formações florestais existentes é de aproximadamente 24%, ou seja, será necessário o plantio de 19% para a recomposição florestal. Porém não se levou em consideração as outras medidas previstas pelo Código Florestal Brasileiro, onde existem possibilidades de diminuição da RL, ou até mesmo a utilização da APP como RL. Assim, o que se vê no Código Florestal Brasileiro é que, em pequenas propriedades, podem ser computados os plantios de árvores frutíferas ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistemas intercalar ou em consórcio com espécies nativas. (§3 artigo IV do Código Florestal Brasileiro), e ainda, será admitido o cômputo das áreas relativas à vegetação nativa existente em área de preservação

permanente no cálculo do percentual de reserva legal, desde que a soma da vegetação nativa em APP e RL exceda a cinquenta por cento da pequena propriedade rural e de vinte e cinco por cento da pequena propriedade rural com área inferior a 30 ha (§6 artigo IV do Código Florestal Brasileiro). Com estas medidas o percentual encontrado dito como área destinada às áreas de preservação irá diminuir, sendo esta diminuição variável de acordo com as medidas tomadas para cada situação.

Além disso, uma das possibilidades para aumentar as formações florestais da Bacia é por meio do programa estadual de Pagamento de Serviços Ambientais (Lei 8995 de 22 de setembro de 2008), onde esta lei tem como objetivo recompensar financeiramente o proprietário rural, em função do valor econômico dos serviços ambientais prestados por sua área destinada para cobertura florestal, em alguma das modalidades, que são: conservação e melhoria da qualidade e da disponibilidade hídrica; conservação e incremento da biodiversidade; redução dos processos erosivos; e fixação e sequestro de carbono para fins de minimização dos efeitos das mudanças climáticas globais. Esta possibilidade existe e ganha força uma vez que a bacia hidrográfica em estudo está dentro das prioritárias do Estado, pois esta é uma das sub-bacias do Rio Doce.

5 CONCLUSÕES

A partir dos dados encontrados nesta pesquisa pode-se informar um quadro inicial da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce, de forma a evidenciar o estado de conservação que esta se encontra.

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce tem forma alongada, sem propensão a cheias, com eficiência no escoamento de fluxo d'água e boa infiltração para o lençol freático. Além de apresentar um canal principal muito tortuoso, com grandes declividades no início do seu trajeto e depois tende a uma constante com valores de declividade relativamente baixos, tornando a velocidade do fluxo de água relativamente lenta. Possui um ambiente favorável para geração de novos cursos fluviais sendo que estes não estão sujeitos apenas ao fator geológico na constituição hierárquica da hidrografia local, além de não possuírem equilíbrio entre os comprimentos dos canais.

O comportamento do perfil de altitude se enquadra dentro de convexo-côncavo, com mais terras em cotas inferiores. A declividade média é considerada como relevo fortemente ondulado, sendo que os índices indicam alto nível de dissecamento.

A Bacia apresenta grande número de fragmentos de tamanho inferior a cinco hectares, sendo não homogêneos, apresentando grande discrepância no tipo e nível de regeneração da vegetação. A área com formações florestais foi de vinte e cinco por cento, enquanto o somatório de áreas destinada à reserva legal e a áreas de preservação permanente está em torno de cinquenta e quatro por cento, assim, muito deve ser feito para que a Bacia se enquadre dentro da legislação de áreas protegidas seja da forma ampla ou de formas intrínsecas à legislação. Porém com a criação de corredores ecológicos na região e com a implantação do pagamento por serviços ambientais este fato não será muito difícil.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M.A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, v.75, n.2, p.330-351, 1994.

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIN, A. J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos da Geografia**, p. 70-77. 2005.

ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influencia de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Gurujá, Litoral Sul do Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais XIII SBGFA**. 2009

BENTES-GAMA, M. de M. Manejo de Bacias Hidrográficas. **Informe Técnico**. EMBRAPA. Disponível em: < http://www.cpafro.embrapa.br/embrapa/Artigos/manejo_bac.htm>. Acesso em: 05 mai 2010.

BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; ÁRBOCZ, G.de F.; CATHARINO, E. L. M.; DURIGAN, G.; METZGER, J. P. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP). **Ver. Inst. Flor**. São Paulo, v.18, p.121-166. 2006

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da Fisiografia das Bacias Hidrográficas Urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**. v.26, nº2, p.273-285, 2004.

BORSATO, F.H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá . Maringá– PR. 2005.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Novo Código Florestal. Brasília, 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 05 mai.2010.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997** . Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 05 mai. 2010.

BRASIL. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Brasília, 2002. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 05 mai. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 7.029, de 10 de dezembro de 2009**. Programa Federal de Apoio à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais, denominado “Programa Mais Ambiente”. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D7029.htm > Acesso em: 05 mai.2010.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispões sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/regulamento_lei_crimes_ambientais.pdf> Acesso em: 05 mai. 2010.

CABRAL, J.B.P.; OLIVEIRA, S.F.; ASSUNÇÃO, H.F.; BECEGATO, V.A., MACHADO, W.C.P. Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego da Onça, no município de Jataí – GO. **Revista Eletrônica do curso de Geografia do Campus Jataí**. Universidade Federal de Goiás. Jataí/GO. n.10. jan/jun 2008.

CASTRO, S.B.; CARVALHO, T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia plena**, v.5, n.2. 2009

CECÍLIO,R.A.; REIS,E.F. **Apostila didática**: manejo de bacias hidrográficas. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980

DANTAS, R.F.C. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado – Penápolis/SP. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO, 35., 2005, Belo Horizonte. **Anais 35 ASSEMAE**, 2005.

EPAGRI – Gerência Regional da E. E. de Urussanga. Plano de gestão e gerenciamento da bacia do Rio Araranguá – Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica. **Análise das Características Físicas**. V. 3. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis – SC, 1997.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei nº 5818, de 29 de dezembro de 1998**. Política Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo. Vitória, 1998. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br/web/Lei_5818.htm>. Acesso em: 05 mai. 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Decreto nº 4.124-N, de 12 de junho de 1997**. Política Florestal do Estado do Espírito Santo. Vitória, 1997. Disponível em: <<http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/DRNRE%20->

%20DECRETO%20N%C2%BA%204.344,%20de%207%20de%20outubro%20de%201998.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2010.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Lei nº 8.995, de 22 de setembro de 2008.** Programa de Pagamento por Serviços Ambientais-PSA. Vitória, 2008.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E.F. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 19, n.1, p.65-80. 2007.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATERMG.1994.

FRANÇA, G.V. **Interpretação Fotográfica de Bacias e de Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 1968.

GONTIJO JÚNIOR, W. C.; KOIDE, S. Projeto de redes fluviométricas utilizando o método Sharp – estudo de casos na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais: XVII SBRH**. 2007.

GUARIZ, H.R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E.E. **Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em Geoprocessamento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. 32p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documento, 34).

KRUESS, A.; TSCHARNTKE, T. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. **Science**, v.264, p.1581-1584, 1994.

LE BOURLEGAT, C.A. **A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural**. In Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região centro-oeste (R.B. Costa, org.). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, p. 1-25. 2003.

LIMA, W. de P. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 1996

LINSLEY, R.K. Jr. et al. **Hydrology for Engineers**. 2 ed. New 124d124P: McGraw-Hill, 1975. (McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering).

MACHADO, P. J. de O.; BERNARDINO, J. L.; TEÓFILO, S. V.; CASTRO, T. G. S. de. Utilização da análise morfométrica como instrumento para avaliar a

vulnerabilidade ambiental em sub-bacia hidrográficas no município de Rio Pomba - MG. In:ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Uruguai. **Anais XII EGAL**. 2009.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 7 jun. 2010.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização Hidrológica de Duas Microbacias Visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos para o Monitoramento Ambiental do Manejo de Florestas Plantadas**. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 2003.

MYERS, N. The extinction spasm impending: synergisms at work. **Conservation Biology**, v.1, n.1, p.14-21, 1987.

NASCIMENTO, Henrique E. M.; LAURANCE, William F.. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 36, n. 2, 2006 .

NOVAES, L.F.; AMARAL, L.G.H.; TERRA, A.A. Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., 2004, Porto Alegre. **Anais XIV CONIRD**. 2004.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO. A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28, p.297-305, 2004.

POLITANO, W.; PISSARRA, T.C.T. Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.179-186, jan. 2003.

ROCHA, J.S.M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 423p.

ROLAND, J. Large-scale forest fragmentation increases the duration of tent caterpillar outbreak. **Oecologia**, v.93, p.25-30, 1993.

ROSSI, M.; PFEIFER, R.M. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.1, p.141-156, 1999.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; SEBBEN, AL.M. Efeitos da fragmentação florestal na estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Guarantã). **Scientia Forestalis**. n. 57, p.123-139. 2000.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; RIBEIRO, A.; MATIAS, R.; REIS, M. S. dos; BAWA, K.; SEBBENN, A.M. Efeitos da fragmentação florestal sobre a

imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euteroe edulis* Mart. **Ver. Inst. Flor.** São Paulo, v.17, n.1, p. 25-43. 2005.

SEOANE, C.E.S. Efeitos da fragmentação florestal sobre a genética de populações de guarantã. **Documento 159** EMBRAPA Floresta, Colombo. 2007.

SILVA, A.M.; MELLO, C.R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras. In Site: www.deg.ufla.br/lrriga%C3%A7%C3%A3o/ Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng_170.htm. Acesso em: 10 mai 2008.

SKORUPA, L. A. Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável. **Documento**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, 2003. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Skorupa_areasID-FiPs3p4lp.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2010.

SOARES, J.V. **Apostila didática** Introdução à hidrologia de florestas. Cap. 3 Morfologia de uma bacia hidrográfica. Notas Modelagem hidrológica com sistemas de informação geográfica INPE. 2000.

STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, p. 439-476. 1964.

TEIXEIRA, A.J.A., CRUZ, C.B.M. Classificação de bacias de drenagem com o suporte do sensoriamento remoto e geoprocessamento - o caso da Baía de Guanabara. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005. **Anais XII SBSR**, p. 2779-2786.2005.

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, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997.

TURNER, I.M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, v.33, p.200-209, 1996.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. v.12, n.32, p.25-42. 1998

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