



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

GEORGE HILTON VENTURIM

**DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIBEIRÃO JERUSALÉM, ALEGRE, ES**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
JUNHO - 2011

GEORGE HILTON VENTURIM

**DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIBEIRÃO JERUSALÉM, ALEGRE, ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eduardo Nunes Hegedus

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

JUNHO - 2011

A Bárbara, razão de minha vida, que com seu sorriso de criança alimenta-me de alegria e esperança.

A Amélia, minha mãe, pelo exemplo de caráter e anos de dedicação incessante.

A memória de todos os índios, negros, agricultores e ambientalistas assassinados, por não se calarem e lutarem contra a exploração desmedida da natureza, deixando seu sangue na terra como marca de sua existência e sonho de liberdade humana.

“Se queres aprender sobre a natureza, observe-a”.

Jorge Vivan

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a mãe Natureza pela grande sabedoria nesses últimos 15 bilhões de evolução do planeta Terra.

A Serra Encantada do Caparaó: montanha das águas.

Ao meu orientador Professor Clóvis, não somente pela orientação, mas principalmente pela vivência e confiança na concretização desse trabalho.

Ao meu co-orientador Professor Alexandre, por apresentar-me o SIG.

Ao permacultor Newton Campos, ser especial que me acolheu no Sítio Agroecológico Jaqueira. Ensinando-me a descobrir que cada árvore que se deixa de plantar faz diferença no amanhã.

Aos meus irmãos: Rubens, Mauro, Aniele e Carlos.

Aos amigos da Universidade: Malcon, Octávio, Léo, Ipatinga, Bob, Gú, Mareto, Mazinho, Davi e Rogério.

A Cleriston e Elizangela da secretaria do PPGCF.

Aos companheiros Thiago, Zé, André e Érica do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

Aos órgãos ambientais municipais pela desorganização de seus registros e burocracia para disponibilizar informações, mostrando-me a lacuna do serviço público com qualidade.

Ao SAAE, especialmente na pessoa da funcionária Rose.

Aos amigos do Grupo Kapixa'wa que perpetuam a história de resistência dentro do Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES) na busca pela verdadeira agricultura sustentável.

Aos produtores rurais que se dispuseram a ouvir-me durante todas as visitas, muitas das quais regadas a cafezinho, bolo, suco e biscoitos caseiros.

Aos amigos do Caparaó que enchem meu caminhar de luz, esperança, força e conhecimento: Gê, Animesh, Edu, Thales Marcelo, Kim e Dayvid.

A igreja Céu do Espírito Santo, da doutrina da Floresta do Santo Daime: pelas experiências espirituais e ensinamentos ambientais a cada nova visita.

A *Cannabis sativa*: pelo direito ao uso industrial, medicinal e ambiental.

A todos que me ajudaram de alguma forma na criação, desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Obrigado irmãs e irmãos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. DIAGNÓSTICO DE BACIAS HIDROGRAFICAS.....	4
2.1.1. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo.....	4
2.1.2. Caracterização Morfométrica de Bacias Hidrográficas.....	7
2.1.2.1. Área de Drenagem.....	7
2.1.2.2. Forma.....	8
2.1.2.3. Coeficiente de Compacidade (Kc).....	9
2.1.2.4. Índice de Circularidade (Ic).....	10
2.1.2.5. Densidade de Drenagem (Dd).....	10
2.1.2.6. Coeficiente de Rugosidade (CR).....	11
2.1.2.7. Altitude e Declividade.....	12
2.1.2.8. Ordem dos Cursos Hídricos.....	13
2.2. MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	14
2.3. MANEJO DO SOLO.....	15
2.4. EROÇÃO: CONCEITOS E FUNDAMENTOS.....	19
2.4.1. Erosão Hídrica: Conceitos e Fundamentos.....	20
2.5. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (E.U.P.S.).....	23
2.6. POLITICA FLORESTAL BRASILEIRA.....	26
2.6.1. Códigos Florestais.....	27
2.6.1.1. Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.....	28
2.7. BIOMA DA MATA ATLÂNTICA.....	34
2.7.1. Mata Atlântica no Espírito Santo.....	38
2.8. GEOTECNOLOGIAS: ESTUDO DA PAISAGEM.....	40
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1. ÁREA DE ESTUDO - BHRJ.....	43
3.2. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BHRJ.....	44
3.2.1. Índices Morfométricos.....	44
3.2.2. Declividade e Altitude.....	44
3.3. CLASSIFICAÇÃO VISUAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA..	45
3.4. MODELO DIGITAL HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE.....	46
3.5. DELIMITAÇÃO DAS APP.....	47
3.6. ANÁLISES DE CONFLITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	48
3.7. CÁLCULO DA PERDA DE SOLO PELA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (EUPS).....	49
3.7.1 Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE).....	49
3.7.2 Obtenção dos Parâmetros da E.U.P.S.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1. DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA DA BHRJ.....	54
4.1.1. Valores Morfométricos.....	54
4.1.2. Declividade e Altitude.....	54
4.1.3. Ordenamento dos Cursos Hídricos.....	57
4.1.4. Uso e Ocupação da Terra.....	58
4.1.5. Áreas de Preservação Permanente (APP).....	59

4.2. CONFLITO DO USO DA TERRA NAS APP NA BHRJ.....	61
4.2.1. Conflito do Uso da Terra na APP1.....	64
4.2.2. Conflito do uso da Terra na APP2.....	65
4.2.3. Conflito do Uso da Terra na APP3.....	66
4.2.4. Conflito do Uso da Terra na APP4.....	67
4.3. CONFLITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS CLASSES DE USO NA BHRJ.....	69
4.4. PERDA DE SOLO.....	71
4.4.1. Estimativa da Perda de Solo na BHRJ.....	71
4.4.2. Estimativa da Perda de Solo nas APP.....	73
4.4.3. Estimativa da Perda de Solo nas Classes de Uso da Terra.....	77
5. CONCLUSÕES.....	81
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
7. APÊNDICE - A.....	95

RESUMO

VENTURIM, George Hilton. **Diagnóstico Físico Conservacionista da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, Alegre, ES.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Orientador: Prof. Dr. Clóvis Eduardo Nunes Hegedus. Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Rosa dos Santos.

A Mata Atlântica é entre as florestas tropicais a mais biodiversa e também a mais vulnerável do planeta Terra. Já foram destruídos 93% da cobertura florestal original e os ínfimos 7% restantes continuam sob forte ameaça. No estado do Espírito Santo existem 11% de remanescentes florestais da Mata Atlântica em diversos estágios de conservação e regeneração. Ao sul do estado, no município de Alegre, localiza-se a bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém - BHRJ, principal fonte de abastecimento hídrico para a sede do município, porém o uso inadequado da terra, com ocupação de Áreas de Preservação Permanente (APP) para fins produtivos tem afetado significativamente a qualidade ambiental da bacia. O objetivo deste estudo foi realizar um diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, por meio da aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) caracterizando alguns aspectos morfométricos, do uso da terra e de estimativas da perda de solo, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP). O total da área destinada às APP na BHRJ é de 29,88 km², que representa 43,99% da área da bacia, contudo 84,2% dessa área apresenta uso conflitante. Assim é necessária a recomposição de 25,44 km². Entre as categorias de APP, a maior redução em área de vegetação nativa ocorreu na APP4 (margens de curso d'água). A classe de uso da terra predominantemente é a Pastagem que ocupa 65,57% da área da BHRJ, sendo 42,18% ocorrendo em APP. A cafeicultura representa a segunda atividade mais conflitante com 10,7% de uso indevido. As classes Edificação rural e Edificação urbana apresentam 93% das edificações exatamente nas regiões de mata ciliar, ou seja, em risco iminente de inundações quando de precipitações mais elevadas, devido ao leito de inundação dos cursos hídricos. A estimativa da perda de solo revelou que a perda média total na BHRJ foi 394.139,76 t/ano e nas APP de 139.479,84 t/ano. Entre as APP a APP1 (topo de morro) teve a maior perda média total. Para a estimativa nas classes de uso da terra as classes Pastagem e Cafezal foram as que maior contribuição apresentou no aporte de sedimentos para os cursos hídricos na bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém. Conclui-se que um novo modelo da gestão ambiental municipal referente às bacias hidrográficas, especialmente para a BHRJ é necessário. A integração entre pesquisa científica e aplicação dos instrumentos das políticas ambientais e de recursos hídricos é uma premissa a reversão do processo de degradação ambiental nesta bacia. A realização de ações em educação ambiental e a convergência de políticas públicas adaptáveis às condições agrárias e ambientais da região, economicamente viáveis e não predadoras dos ecossistemas locais é fundamental à integração dos proprietários rurais ao processo de recuperação florestal no Bioma da Mata Atlântica.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Diagnóstico Físico Conservacionista, Uso da terra

ABSTRACT

VENTURIM, George Hilton. **Physical Diagnosis Conservation in the Jerusalém river hydrographic basin, Alegre, ES.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Adviser: Clóvis Eduardo Nunes Hegedus. Co-adviser: Alexandre Rosa dos Santos.

The Atlantic Forest is among the most biodiverse of the tropical rainforests and also the most vulnerable of the planet Earth. Over 93% of the forest cover has already been destroyed and the tiny remaining 7% are under serious threat. In the state of the Holy Spirit remains 11% of the Atlantic Forest in various stages of conservation and regeneration. The municipality of Alegre, in the south of the State, is located in the Jerusalém River Hydrographic Basin - BHRJ, the main source of water supply for the county seat, but the inappropriate use of land, with occupation of Permanent Preservation Areas (PPA) for productive purposes has significantly affected the environmental quality of the basin. The objective of this study was to conduct a physical diagnosis for conservation in the BHRJ, through the applicability of Geographic Information Systems (GIS) featuring some morphometric aspects, land use and estimates of soil loss, especially in areas Permanent Preservation (PPA). The total area reserved for the PPA BHRJ is 29.88 km², representing 43.99% of the basin area, however 84.2% of this area presents conflicting use. So it is necessary to recompose 25.44 km². Among the categories of PPA, the largest reduction in area of native vegetation occurred in PPA4 (stream margins). The class of land use is predominantly pasture occupying 65.57% of the area of the BHRJ, with 42.18% occurring in PPA. Coffee plantation is the second most popular activity conflicting with 10.7% of misuse. There are 93% of urban and rural constructions and facilities precisely located in riparian areas and flood zones, that is, in imminent danger of flooding when rainfall rates increase. The estimation of soil loss showed that the total average loss in the BHRJ was 394,139.76 tons/year and in the PPA 139,479.84 tons/year. Between the PPA and PPA1 (hilltop) there is the highest total average loss. To estimate in the classes of land use, pasture and coffee plantations had the greatest contribution in terms of origins for sediment to the water resources in the Jerusalem River Basin. We conclude that it is necessary a new model of municipal environmental management regarding river basins, especially the BHRJ. The integration between scientific research and application of environmental policies and instruments of environmental policies is a premise for the reversal of environmental degradation in this basin. It is fundamental for the integration of farmers in the process of forest recovery in the Atlantic Biome the implementation of actions in environmental education and also the convergence of public policies adaptable to the local agricultural and environmental conditions, which are economically viable and non-predatory to the local ecosystems.

Key-words: Atlantic Rainforest, Diagnosis Watershed Conservation, Land Use.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica desde a colonização do Brasil sofre o processo de conversão de suas áreas naturais para outros usos, cujo resultado final observa-se nas paisagens, hoje fortemente dominadas por atividades humanas. A maior parte dos ecossistemas foi impactado ao longo de diversos ciclos “desenvolvimentistas”, resultando em perda significativa de uma das maiores biodiversidades de espécies do planeta Terra. A necessidade de mudança no uso da terra no Bioma da Mata Atlântica é urgente, senão dizer: vital para a recuperação e preservação do conjunto de ecossistemas associados ao bioma.

A Fundação SOS Mata Atlântica em parceria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) publicou em 2010 o estudo relativo à extensão da destruição do Bioma da Mata Atlântica no “Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e dos Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica” e afirmou que restam ínfimos 7% de cobertura florestal original nesse “*hotspot*”. No Estado do Espírito Santo estes remanescentes encontram-se representados em apenas 11% da superfície total do Estado e em ambos os casos incluem-se nesse percentual as protegidas Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Unidades de Conservação (UCs).

A qualidade e a quantidade de água podem ser o principal motivo para que um proprietário rural, seja ele agricultor, fruticultor ou pecuarista, promova a adequação ambiental de seu imóvel. Outro aspecto importante é a proteção do solo contra a erosão, pois somente um solo bem conservado e fértil garante a produtividade com sustentabilidade. Nesse contexto, a manutenção das Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal - estabelecidas no “Código Florestal Brasileiro” (Lei nº 4.771 de 15 de setembro 1965) juntamente com a conservação do solo e a diversificação da produção são os principais pilares da sustentabilidade econômica e ambiental nos imóveis rurais.

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 (PNRH) instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro 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 por meio do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Em suas diretrizes gerais de atuação, a PNRH prevê a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental e sua articulação com a gestão do uso da terra.

Segundo Ferreti (1998) a bacia hidrográfica é receptora de impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas e integradora de vários processos, por isso, deve ser objeto de pesquisas e programas de medidas, visando a compreensão dos mecanismos do seu funcionamento e preservação dos seus recursos.

Os problemas enfrentados quanto à utilização dos recursos hídricos, induziram à concepção de utilização de bacias hidrográficas em pesquisas ambientais. Inicialmente, a prioridade era o controle de enchentes, secas, abastecimento público, tanto residencial quanto industrial. Atualmente, o enfoque é bem mais abrangente, onde todos os elementos que compõem este ambiente são considerados como inter-relacionados.

A bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém (BHRJ) situa-se no sul do Estado do Espírito Santo, na região da Serra do Caparaó, no município de Alegre. Esta bacia é fundamental para o abastecimento de água potável do centro urbano da cidade de Alegre, onde residem aproximadamente 21.521 (IBGE, 2010) ou 65% da população (IJSN, 2009).

Na BHRJ que possui 67,92 Km² predomina a bovinocultura e a cafeicultura, restando apenas 6,82 Km² de remanescentes florestais, seriamente comprometidos pela fragmentação. Outros indicativos de degradação ambiental preocupantes são a crescente concentração de particulados sólidos e poluentes químicos nos cursos hídricos, principalmente resíduos domésticos e agrotóxicos, além da diminuição de vazão no período de estiagem.

Pela complexidade do trabalho não se pretende reduzir, a apenas realizar o diagnóstico, mas sim um diagnóstico da BHRJ, agregando subsídios

para a discussão do modelo agrícola-agrário ora estabelecido em busca de orientação para a implementação de melhores práticas de manejo sustentável, especialmente por se tratar da única bacia de abastecimento de água para a sede do município de Alegre.

O objetivo geral é realizar um diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, por meio da aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) caracterizando alguns aspectos morfométricos, do uso da terra e de estimativas da perda de solo, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP).

Pretende-se também compreender as inter-relações atualmente colocadas como antagônicas, entre produção econômica e preservação ambiental na BHRJ, gerando informações científicas de forma a subsidiar aos gestores públicos, possíveis propostas que efetivem a preservação e recuperação florestal nas APP e a melhoria do recurso natural água no que confere a sua quantidade e qualidade, visto que este recurso é essencial a sobrevivência da população na sede do município de Alegre. Busca-se assim um novo paradigma da gestão ambiental municipal referente às bacias hidrográficas por meio da integração entre pesquisa científica e os vários instrumentos das políticas ambientais e de recursos hídricos no Bioma da Mata Atlântica.

Os objetivos específicos a alcançar são:

- a) Avaliar as características morfométricas da BHRJ;
- b) Avaliar o uso dos Sistemas de Informações Geográficas;
- b) Delimitar e quantificar as Áreas de Preservação Permanente (APP);
- c) Caracterizar o padrão do uso da terra atual e sua adequação ambiental como preconiza a legislação vigente;
- d) Estimar valores médios de perda de solo na BHRJ e APP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DIAGNÓSTICO DE BACIAS HIDROGRAFICAS

O Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) deve ser a primeira fase para o planejamento de uma bacia hidrográfica, pois tem a finalidade de descrevê-la fisicamente, além de realizar o zoneamento ecológico segundo classes de capacidade de uso da terra, elaborando mapas temáticos e recomendando o uso de técnicas agrícolas e de engenharia específicas visando mitigar a degradação ambiental da bacia. É considerado o mais importante diagnóstico, por englobar todos os demais, podendo ser aplicado em qualquer bacia hidrográfica, desde que sejam feitas adaptações para a realidade de cada bacia (Rocha & Kurts, 2001).

A bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém (BHRJ), recorte espacial desse estudo, localizada no Bioma da Mata Atlântica, no sul do Estado do Espírito Santo, no município de Alegre, foi considerada um sistema ambiental apto a aplicação do Diagnóstico Físico Conservacionista. Espera-se, que os resultados desse estudo subsidiem uma proposta de intervenção do modelo de organização territorial do uso da terra, apontado como principal fator de impacto ambiental nas Áreas de Preservação Permanente.

2.1.1. A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo.

O uso dos termos bacia, sub-bacia e microbacia hidrográfica parecem obedecer a certa escala espacial, entretanto não há um consenso entre a comunidade quanto a suas definições.

Para Fernandes & Silva (1994) a subdivisão de uma bacia hidrográfica em unidades menores (sub-bacias) permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente, regional ou localmente.

Admite-se geralmente, segundo Villela & Mattos (1975), a bacia sendo contornada por um divisor, ou seja, a linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial. Os terrenos de uma bacia são, assim, delimitados por dois tipos de divisores de água: o divisor topográfico, que é condicionado pela topografia, fixa a área da qual provém o deflúvio superficial da bacia e o divisor de águas freático, que é determinado pela estrutura geológica dos terrenos e influenciado também pela topografia, estabelecendo os limites dos reservatórios de água subterrânea de onde é derivado o escoamento base da bacia.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal. Sendo assim, é um limite nítido para ordenação territorial e quando o problema central é a água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção (SANTOS, 2007).

Seu conceito está associado à noção de sistema. Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e em sua qualidade. A medida de algumas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma dos eventos. Essa é uma das peculiaridades que induz a escolha da bacia hidrográfica como unidade de gestão.

Rodier (1976) e Whitehead & Robinson (1993) apud Mosca (2003) levantaram a importância que as bacias hidrográficas como unidades de planejamento poderiam apresentar para o monitoramento ambiental visando o manejo sustentável.

Do ponto de vista hidrológico, o manejo sustentável é aquele que segundo Lima & Zakia (1998) permite a utilização dos recursos naturais de modo que não seja destruída a estabilidade do ecossistema, ou seja, a manutenção de seu funcionamento ecológico com base na perpetuação de seus processos hidrológicos, de sua capacidade natural de suporte, de sua diversidade biológica, na sua resiliência.

Segundo Lino (2003), além de aspectos como a área, a forma e a estrutura de drenagem da bacia hidrográfica, em alguns estudos que enfoquem os recursos hídricos é importante conhecer características hidrológicas, como

vazão e qualidade da água. Deve ser considerado também o importante papel e valor ecológico dos ecossistemas aquáticos para conservação das florestas e dos demais recursos naturais. Ao mesmo tempo, é indispensável avaliar o uso da terra em função das suas potencialidades e limitações ecológicas, tendo-se como referência a sustentabilidade dos recursos naturais (SANTOS, 2007).

Para Pellizzetti (2007) o conjunto dos aspectos socioeconômicos, físico-espaciais e histórico-culturais numa determinada bacia deve também ser considerado para que se possa chegar a resultados efetivos de conservação dos recursos naturais e de um desenvolvimento sustentável.

Valente & Castro (1987), Fernandes & Silva (1994), Baruqui & Fernandes (1985) e Machado (2002) confirmam que as bacias hidrográficas são ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, principalmente, nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente em função do crescimento populacional, do crescimento dos espaços urbanos e da agricultura intensiva. Dessa forma, a bacia hidrográfica pode ser considerada um bom exemplo de sistema geomorfológico: o geossistema. Guerra & Cunha (1996) corroboram com esta visão de que a bacia hidrográfica é uma unidade integradora dos setores naturais e sociais, devendo ser administrada com esta função.

Santos (2007) afirma que “não há quem questione, tecnicamente, a utilização de bacia hidrográfica como área de trabalho. Entretanto, estabelecer como princípio que o limite definitivo da área de estudo é a bacia hidrográfica, pode se tornar extremamente inadequado devido a um impasse de ordem técnica, que não pode ser desconsiderado: os dados socioeconômicos, censitários, de infra-estrutura e estatísticos no Brasil estão disponíveis por município e não por limites de bacias hidrográficas, dificultando a sobreposição espacial dos dados e a interpretação da cadeia de relações no meio”.

Estes paradoxos conduzem a uma conclusão: o espaço de trabalho é diverso e o planejamento ambiental deve flexibilizar seus limites, de forma a considerar as inter-relações nos seus diversos níveis. Deve, assim, definir a área de estudo caso a caso, em função de suas características e objetivos pretendidos.

2.1.2. Caracterização Morfométrica de Bacias Hidrográficas

Segundo Zavoudakis & Tulli (2004), para entender o funcionamento de uma bacia, torna-se necessário expressar quantitativamente as manifestações de forma, de processos e de suas inter-relações.

A determinação das características morfométricas, morfológicas ou simplesmente físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos de grande importância para a avaliação de seu comportamento hidrológico (WANG & YIN, 1998; CEBALLOS & SCHNABEL, 1998 apud CARDOSO, 2005).

Vários parâmetros físicos foram desenvolvidos, sendo alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto outros são relativos à apenas determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003).

A área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, por outro lado, atuam sobre a taxa, ou sobre o regime desta produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio.

Todos esses elementos são de grande relevância para a correta interpretação do funcionamento dos processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica. Seu levantamento detalhado e acompanhamento constante são fundamentais para a detecção de causas de alterações transitórias ou permanentes no comportamento do sistema (NOVAES et al., 2004).

O importante é reconhecer que nenhum desses parâmetros deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica, a qual inclusive tem magnitude temporal.

2.1.2.1. Área de Drenagem

De acordo com Villela & Mattos (1975), a área de drenagem de uma bacia hidrográfica é a área plana (projeção horizontal) compreendida entre

seus divisores topográficos, expressa em km² ou hectares, sendo o elemento básico para o cálculo da maioria das características físicas que a representam. Segundo Tucci (1997), a área da bacia é fundamental para definir a sua potencialidade hídrica e tem grande importância na sua resposta hidrológica, pois se desconsiderarmos os outros fatores, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes e maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez.

A determinação da área de drenagem é feita com o auxílio de uma planta topográfica, de altimetria adequada traçando-se a linha divisória que passa pelos pontos de maior cota entre duas bacias vizinhas (PORTO, 1999).

A área pode ser determinada utilizando-se um planímetro, por métodos geométricos (figuras irregulares) ou com recursos intrínsecos aos aplicativos de SIG, quando se utilizam plantas digitalizadas.

2.1.2.2. Forma

As bacias hidrográficas têm uma grande variedade de formas, que supostamente refletem seu comportamento hidrológico. Em uma bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo. Uma bacia elíptica, tendo a saída da bacia na ponta do maior eixo e, sendo a área igual a da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto, uma enchente menor. A bacia do tipo radial ou ramificada é formada por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso d'água principal. Neste caso, uma chuva uniforme em toda a bacia origina cheias nas sub-bacias, que vão se somar, mas não simultaneamente, no curso principal. Portanto, a cheia crescerá, estacionará ou diminuirá à medida que forem se fazendo sentir as contribuições das diferentes sub-bacias.

Existem vários índices utilizados para determinar a forma das bacias, procurando relacioná-las com figuras geométricas conhecidas. Segundo Porto (1999) esses índices são utilizados principalmente para comparar bacias e para comporem parâmetros das equações empíricas de correlações entre vazões e características físicas das bacias.

2.1.2.3. Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade (Kc) ou índice de Gravelius se refere à relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Obtém-se esse valor através da Equação 1 descrita por Cardoso et al.(2006).

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{4A}}$$

em que:

Kc = coeficiente de compacidade, adimensional;

P = perímetro da bacia, km; e

A = área da bacia, km².

De acordo com Villela & Mattos (1975), 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 circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um (1). Quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias, porque há conversão do escoamento superficial, ao mesmo tempo, para um trecho pequeno do rio principal, havendo acúmulo do fluxo.

Assim, conforme Silva & Mello (2008) apud. Guariz (2008), pode-se classificar as bacias hidrográficas em função do valor de Kc 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; e
- $K_c \geq 1,50$ – bacia não sujeita a grandes enchentes.

2.1.2.4. Índice de Circularidade (Ic)

Este índice representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia, que melhor se relaciona com o escoamento fluvial. 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. Para a determinação do índice de circularidade, utiliza-se a Equação 2, proposta por Borsato (2005).

—

em que:

Ic = índice de circularidade, adimensional;

A = área da bacia, km²; e

P = perímetro da bacia, km.

O valor de Ic igual a 0,51 representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas); quanto mais próximo de 1,0 for esse valor, mais próxima da forma circular será a bacia. Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento (BORSATO, 2005).

2.1.2.5. Densidade de Drenagem (Dd)

Horton (1932) definiu densidade de drenagem como sendo a razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia hidrográfica. É um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica. Está relacionado com a 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. É dado pela Equação 3:

—

em que:

Dd = densidade de drenagem, km/km²;

L = comprimento total de todos os canais, km; e

A = área da bacia hidrográfica, km².

Pode-se classificar uma bacia de acordo com os valores de Dd, segundo Silva & Mello (2008) apud Campanharo (2010), da seguinte forma:

- baixa densidade: $Dd \leq 5$ km/km²;
- média densidade: $5 < Dd < 13$ km/km²; e
- alta densidade: $Dd \geq 13$ km/km²

2.1.2.6. 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 a sua declividade média, conforme a Equação 4 estabelecida por Baracuhy et al.(2003).

em que:

CR = coeficiente de rugosidade, adimensional;

H_{dm} = declividade média, m m⁻¹; e

Dd = Densidade de drenagem.

A análise do CR, baseia-se em classes definidas por Pissarra et al. (2004). Dessa forma, as quatro classes (A, B, C e D); foram assim estipuladas:

- Classe A (solos apropriados para 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; e
- Classe D (solos apropriados para reflorestamento) CR > 63.

2.1.2.7. Altitude e Declividade

De acordo com Castro & Lopes (2001) a altitude da bacia hidrográfica tem função direta sobre a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e a precipitação. Quanto maior a altitude da bacia menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Para Tonello et al. (2006) 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 causam variações na evapotranspiração

A declividade é avaliada com o objetivo de observar as inclinações de um terreno em relação a um eixo horizontal. Construído a partir da análise das distâncias entre curvas de nível, a declividade, gradiente do declive, é um tema derivado, que representa, de forma contínua, a inclinação e as formas do terreno. Este tema permite inferir informações como formas da paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejos e práticas conservacionistas. Para tanto, pressupõe-se que a área pertencente a uma determinada classe, representada em ângulo de inclinação ou porcentagem de declividade, possui certa homogeneidade que responde de maneira semelhante frente a uma atividade ou pressão humana.

A declividade é um parâmetro de grande interesse hidrológico porque tem uma relação direta com a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo e a contribuição de água subterrânea ao escoamento do curso d'água, especialmente para as bacias pequenas, nas quais o escoamento superficial

será determinante. 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 a magnitude dos picos de enchentes maiores, com maior variação das vazões instantâneas.

O procedimento de determinação da declividade da bacia é bastante trabalhoso quando feito manualmente. Entretanto, isso se torna muito simples, quando se utilizam os recursos de aplicativos computacionais de SIG para a transformação dos dados vetoriais das curvas de nível em dados matriciais que, são interpolados para a geração do Modelo Numérico de Terreno - ou MNT.

A partir das informações de altitudes contidas nos MNT's processados são criados os mapas de declividade em porcentagem, que resultam em classes de declividade.

2.1.2.8. Ordem dos Cursos Hídricos

O tipo de drenagem refere-se à configuração e disposição da ramificação de drenagem. A hierarquia fluvial é um processo que estabelece uma classificação para cada curso e água no conjunto total da bacia hidrográfica. Ela consiste em numerar os cursos em ordem crescente. Os menores canais, sem tributários (da nascente à confluência), são os canais de primeira ordem e assim sucessivamente, até o rio principal (de enésima ordem). Esta classificação quanto à ordem dos cursos hídricos reflete no grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia hidrográfica.

Entre os métodos de ordenamento, o de STRAHLER (1957) é o mais aceito e difundido, neste os canais primários (nascentes) são designados de 1ª ordem e a junção de dois canais primários forma um de 2ª ordem, e assim sucessivamente (MACHADO et.al. 2009). A Figura 1 (p. 14) é um exemplo deste ordenamento.

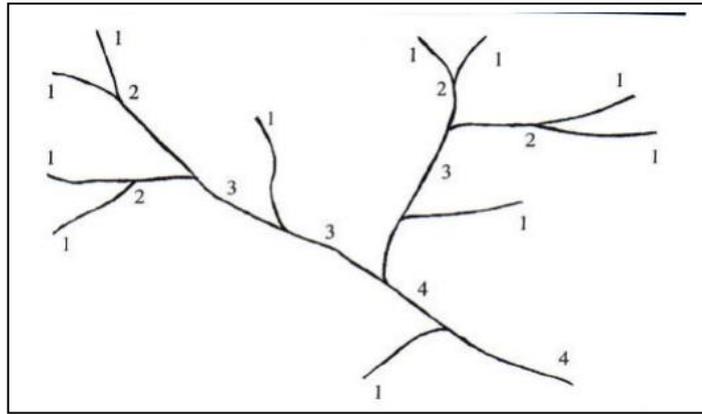


Figura 1 – Ordenação dos canais segundo Strahler (1957).

A junção de duas microbacias primárias forma uma microbacia maior, e assim sucessivamente, até a formação da macrobacia hidrográfica ou a bacia de um rio.

2.2. MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O Manejo de Bacias Hidrográficas corresponde ao processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal de uma bacia, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, e o desenvolvimento sustentável (TONELLO, 2005)

Segundo Santana (2003), os trabalhos de manejo de bacias hidrográficas devem ser iniciados, preferencialmente, nas bacias de menor porte, envolvendo a elaboração de diagnósticos, identificando os conflitos, indicando as soluções em todos os níveis e integrando conclusões e recomendações para a recuperação do meio ambiente.

Segundo Lima (2008), o manejo de bacias hidrográficas não deve considerar que a produção de água é seu único objetivo, mas incluir também o uso e conservação de recursos múltiplos, sendo estes madeiras, alimentos, fibras, atividades de recreação, dentre outras.

O manejo de bacias hidrográficas tem o objetivo de propor critérios ao desenvolvimento de determinadas atividades degradantes aos recursos hídricos na bacia, bem como ações de intervenção ambiental em algumas áreas e a restrição a ocupação do solo em outras, visando à conservação da

qualidade das águas dos corpos hídricos locais e a manutenção da disponibilidade hídrica que atenda as demandas atuais e futuras. Além de fornecer condições que evitem o acirramento dos conflitos pelo uso da água na bacia através do processo de gestão integrada e participativa (DIREH, 2009).

2.3. MANEJO DO SOLO

Bertoni e Lombardi Neto (1985) explicam que a proteção da cobertura vegetal não só depende do tipo de vegetação, do stand e do seu desenvolvimento como, também, varia grandemente nos diferentes meses ou estações do ano. A eficácia de reduzir a erosão, portanto, depende da quantidade de chuvas erosivas que ocorrem durante o período da estação chuvosa, quando a cultura e as práticas de manejo apresentam uma proteção mínima por se encontrarem na fase de plantio ou início do desenvolvimento.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1995), vários sistemas tem sido estudados visando à manutenção da fertilidade do solo, o controle da erosão e à redução dos custos das operações, com o objetivo de uma agricultura sustentável proporcionando maior renda econômica e benefícios a sociedade.

Das práticas de manejo atualmente adotadas, podemos citar: rotação de culturas, plantio em contorno, terraceamento, caixa seca, sistema agroflorestal (SAF) e o plantio direto, como sendo práticas conservacionistas do solo e da água.

O uso de métodos de preparo e semeadura com baixo grau de mobilização do solo e manutenção dos resíduos culturais na superfície, ou semi-incorporados ao solo, tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, da diminuição da desagregação das partículas de solo e do selamento superficial, aumentando a infiltração de água nos perfis do solo. Ela atua ainda na redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, na capacidade erosiva da chuva enxurrada (Sloneker & Moldenhauer, 1977; Cogo, 1981 Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

A quantidade e a qualidade da cobertura proporcionada por restos das culturas cultivadas é fator fundamental na redução das perdas de solo por erosão hídrica (Sloneker & Moldenhauer, 1977). Cogo (1981) e Lopes et al. (1987) obtiveram boa eficácia na redução de perdas de solo com 30% de cobertura. No entanto, a persistência dessa proteção ao solo irá depender do grau de incorporação dos resíduos culturais, bem como do método de preparo do solo e da semeadura empregados.

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia dos preparos conservacionistas de solo no controle da erosão hídrica, com reduções de 50 a 95% nas perdas de solo, em relação ao preparo convencional. E dentre os preparos conservacionistas mais investigados, as perdas de solo na semeadura direta têm, de modo geral, sido menores do que nos preparos reduzidos (Cogo, 1981; Eltz et al., 1984; Grando et al., 2006). Corroborando com esta afirmação, Rodrigues et al. (2001) comparando custos gerados pelo processo de erosão na utilização do plantio convencional e de plantio direto para cultura de milho e soja, no município de Mineiros (GO) afirma que o plantio convencional gera uma erosão três vezes superior ao plantio direto e, que os custos de reposição de nutrientes para as duas técnicas de cultivo são R\$ 235.126,73/ano para o tradicional e R\$58.949,48/ano para plantio direto.

A redução dos custos de produção com o plantio direto foi apontada no documento “Avaliação do Plantio Direto” (ICEPA, 1999). Os fatores responsáveis pela diminuição dos custos estão relacionados com a economia de mão-de-obra e de serviços mecânicos, devido à significativa redução do número de operações de práticas agrícolas de preparo do solo, plantio e tratos culturais e à maior eficiência do uso do maquinário agrícola.

Em relação às perdas de água, de modo geral, os estudos se apresentam bastante variados em seus resultados, indicando uma menor influencia da cobertura superficial morta nas perdas de solo (Cogo, 1981; Bertol et al., 1989; Alves et al., 1995), podendo ser superiores ora na semeadura direta (Vieira et al., 1978), ora no preparo reduzido, ora no preparo convencional (Nunes et al., 1987), ou mesmo semelhantes entre os diferentes métodos de preparo do solo (Bertol, 1994), dependendo de diversas condições,

tais como: regime de chuva, tipo de solo, topografia, espécie vegetal utilizada na rotação cultural e do manejo do solo.

Levien (2003), a fim de elucidar essas dúvidas obteve em seus estudos que as perdas de solo por erosão hídrica foram as mais elevadas no preparo convencional, intermediárias no preparo reduzido e mais baixas na semeadura direta, independentemente dos tratamentos estudados. Enquanto as perdas de água foram todas muito baixas e similares, mas tendendo a serem maiores no preparo convencional, intermediárias na semeadura direta e, menores do preparo reduzido. Em relação à declividade do terreno encontrou aumento da perda de solo em classes de declividade superiores no preparo convencional comparado ao preparo reduzido e à semeadura direta. O mesmo autor afirma que a melhoria da fertilidade do solo pela calagem e adubação aumentou muito a produção de fitomassa aérea das culturas e, por conseguinte, a massa de resíduos culturais, em todos os tratamentos estudados, com efeito pronunciado na redução das perdas de solo, notadamente no preparo convencional.

A rotação de cultura consiste em alternar espécies vegetais, no correr do tempo, numa mesma área agrícola. Para a obtenção de máxima eficiência da capacidade produtiva do solo, o planejamento de rotação deve considerar, além das espécies comerciais, aquelas destinadas à cobertura do solo, que produzam grandes quantidades de biomassa, cultivadas quer em condição solteira ou em consórcio com culturas comerciais.

O plantio em contorno é aquele em que as linhas de cultura acompanham as curvas de nível, promovendo uma barreira no caminho da enxurrada e aumentando a oportunidade de infiltração da água. Em declives acima de 3%, o plantio em contorno não é suficiente para conter o potencial erosivo da enxurrada, havendo necessidade da construção de terraços. Os cordões de vegetação permanente são fileiras de cultura perene plantadas em contorno com determinado espaçamento horizontal, formando barreiras vivas para controle da erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985).

Amaral (1984) define o terraceamento como a prática agrícola que consiste no levantamento de uma série de embarcamentos que acompanham a curva de nível cortando o declive, cujas funções consistem em captar a enxurrada antes que atinja uma velocidade desastrosa. De acordo com a faixa

de movimento da terra, evidenciam-se três tipos de terraços: terraços de base estreita, de base média e de base larga.

Bertoni e Lombardi Neto (1985) explicam que o terraceamento é uma prática eficiente no controle de erosão, sendo o terraço de base larga, indicado para terrenos até 12% de declividade e o terraço de base estreita indicado em terrenos de maior declividade e em culturas perenes, já que a forte inclinação dos taludes e da valeta dos terraços de base estreita dificulta o cruzamento de máquinas, não sendo indicados para culturas anuais. Quando o tipo de solo apresenta boa capacidade de absorção de água, os terraços são construídos em nível absoluto para retenção total da água de chuva: esse tipo de terraço é denominado de retenção. Nas terras pouco permeáveis é necessário construí-los com um pequeno gradiente no sentido dos canais escoadouros. Esse tipo é denominado terraço de drenagem.

A caixa-seca segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, 2010) é um reservatório instalado na margem de estradas rurais para captação das águas de chuva. Esse reservatório funciona de forma semelhante a uma pequena barragem captando a água da chuva e favorecendo sua lenta infiltração no solo. A dimensão das caixas deve ser calculada com base em critérios como declividade e largura da estrada, textura do solo e quantidade de chuva que se quer captar.

Segundo Assis Jr. et al. (2003), o SAF é uma combinação integrada de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e/ou animais na mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial, que buscam a otimização da agregação de valores sociais, econômicos, culturais e ambientais, com potencial para constituírem uma modalidade sustentável de uso e manejo dos recursos naturais.

Franco et al. (2002), determinou para a região da Zona da Mata (MG) que as perdas de solo e nutrientes em sistemas convencionais foram significativamente maiores que as encontradas em SAFs, indicando maior sustentabilidade ecológica e comprovando maior capacidade de conservação dos recursos naturais. Os autores ressaltam a importância dos SAFs afirmando que esses podem ser utilizados na recuperação de áreas que foram degradadas pelas atividades agropecuárias, principalmente, aquelas cujos

fatores de produção são ineficientes para a recomposição natural do seu potencial produtivo.

A cultura do café confere de média a alta proteção ao solo em virtude do baixo grau de revolvimento da terra após implantação da lavoura. O tipo de manejo da cultura pode aumentar o nível de proteção do solo. A redução das capinas e substituição pela ceifa do mato, de forma a manter os sistemas radiculares das ervas invasoras, preserva a capacidade de infiltração da água, reduzindo o risco de erosão.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1985), as gramíneas formadoras das pastagens são plantas, cuja densidade de hastes e sistema radicular contribuem no controle da erosão, devido a capacidade de diminuir a intensidade da enxurrada e prender as partículas de solo contra a pressão da água, formando pequenas rugosidades no terreno. Agem como minúsculas barragens e retardam o movimento da água. Contudo, o tipo de manejo da cultura pode alterar a expectativa de proteção do solo atribuída à cobertura vegetal. As pastagens extensivas, em geral, apresentam “super-pastejo” devido à baixa capacidade de suporte da gramínea, cultivada em solos de baixa fertilidade e manejada sem rotação. Este super-pastejo diminui a massa vegetal e, conseqüentemente, expõe mais o solo aos processos erosivos.

Os plantios comerciais de espécies arbóreas como *pinus* e eucalipto, ou áreas de reflorestamento, em estágio de completa formação arbórea, apresentam alta densidade de cobertura vegetal com acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, favorecendo a proteção do solo.

Já nas florestas naturais, as copas das árvores, a vegetação de sub-bosque e, principalmente, a serrapilheira, fazem o papel de “amortecedores” da energia cinética contida na gota d’água da chuva, impedindo o contato direto entre a gota d’água e as partículas do solo, evitando o salpicamento (SILVA et. al., 2003).

2.4. EROSÃO: CONCEITOS E FUNDAMENTOS

A erosão é um dos principais fenômenos tratados no planejamento ambiental e, segundo o Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT (1986) é “o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos

e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)”.

Em geral, distinguem-se duas formas de abordagem para os processos erosivos: “natural” ou “geológica”, que se desenvolvem em condições de equilíbrio com a formação do solo, e a erosão “acelerada ou “antrópica”, cuja intensidade, sendo superior à da formação do solo, não permite a sua recuperação natural. (SALOMÃO & IWASA, 1995).

Os principais fatores antrópicos condicionantes da aceleração do processo erosivo relacionam-se com o desmatamento ou remoção da cobertura vegetal original; com o manejo impróprio de solos produtivos; com a exploração inadequada de terras marginais a cursos d’água; com a pressão de ocupação das terras por usos inadequados; com o uso intensivo de áreas com elevado potencial natural de erosão e, sobretudo, com a falta de planejamento de ocupação.

Para Hernani et al. (2002) em áreas ocupadas por lavouras e pastagens, as perdas anuais de solo e água são de 822,7 milhões de toneladas e 171 bilhões de m³, respectivamente. Os autores ainda estimaram que a erosão ocasiona um prejuízo, no âmbito da propriedade rural, de US\$ 2,9 bilhões por ano, relativo aos custos relativos à reposição por corretivos e fertilizantes, somados às perdas referentes à menor produtividade e aos maiores custos de produção. Além destes prejuízos, os custos externos à propriedade rural que são decorrentes do processo erosivo (tratamento de água para o consumo humano, manutenção de estradas, maior consumo de combustíveis, maior consumo de energia elétrica em áreas irrigadas) somam outros US\$ 1,3 bilhões. Assim, estima-se que a erosão promove um total de US\$ 4,2 bilhões de prejuízo anual ao Brasil.

Diante de todo o exposto, um dos grandes desafios atuais é desenvolver manejos que aperfeiçoem o uso dos recursos naturais e o funcionamento do agro-ecossistema tornando-o mais sustentável.

2.4.1. Erosão Hídrica: Conceitos e Fundamentos

Abordando especificamente o processo de erosão hídrica, Costa (2005) afirma

que o processo inicia-se com a desagregação das partículas do solo pela ação da água proveniente de chuva, irrigação ou enxurrada. Nela, a perda do solo é função da exposição da sua superfície à ação do impacto da gota, ou do desprendimento de material por ação da enxurrada. O “salpicamento” das partículas do solo é afetado pelo tamanho das gotas, pela sua velocidade de queda e pela intensidade da precipitação.

Magalhães (2001) explica que a erosão hídrica desenvolve-se em quatro estágios: formação de canal onde há concentração de escoamento; incremento rápido em profundidade e largura onde a cabeceira move-se para montante; declínio do aumento com início de crescimento da vegetação natural; e eventual estabilização com o canal locado num perfil de equilíbrio com paredes estáveis e vegetação desenvolvida, “segurando” o solo.

Existem diversos tipos de erosão hídrica. Dentre estas citam-se:

a) **Erosão pelo impacto da chuva:** ocorre quando as gotas de chuva tocam o solo causando o desprendimento das partículas, dividindo-as em menores, diminuindo a capacidade de infiltração, fazendo com que haja acúmulo de água;

b) **Erosão laminar:** seria o segundo estágio, em que a água acumulada começa a deslocar-se no sentido da inclinação do terreno, retirando pequenas camadas de solo no seu trajeto e, esta erosividade, depende da quantidade, intensidade e duração da chuva;

c) **Erosão em sulcos:** surge devido a pequenas irregularidades na declividade do terreno, que faz com que o acúmulo de água em alguns pontos atinja volume e velocidade que formarão riscos (pequenas valetas) no solo;

d) **Erosão em voçorocas:** é a forma mais impactante de erosão hídrica, sendo também a de maior dificuldade de contenção e solução. As voçorocas resultam da conjunção do escoamento concentrado superficial com o sub-superficial e é capaz de promover importantes mobilizações de terra. O processo conhecido como erosão interna, que ocorre na evolução das voçorocas, avança para o interior do solo na forma de tubos. Quando os vazios criados no interior do solo tornam-se significativos, podem dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam

novos ramos. Estão associados também aos processos de erosão interna, os descalçamentos e solapamentos da base das paredes da voçoroca que provocam desmoronamentos ou escorregamentos de solos (IPT, 1989);

e) **Deslocamentos e escorregamentos de massas do solo:** são na maioria das vezes ocasionados por aterros ou cortes no perfil do solo de forma inadequada.

Segundo Guerra & Cunha (1996), as chuvas representam o principal elemento climático altamente relacionado com os desequilíbrios que se registram na paisagem das encostas. A variação espacial da intensidade das precipitações (volume) associada à sua frequência (concentração em alguns meses do ano) é o fator primordial a ser avaliado em situações críticas, pois se os intervalos entre elas são curtos, o teor de umidade do solo é alto, e assim as enxurradas são mais volumosas, mesmo com chuvas de menor intensidade.

Salomão & Iwasa (1995), corroboram com o tema afirmando que as chuvas torrenciais (trombas d'água) constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo, pois a enxurrada transporta os sedimentos ao longo das vertentes até atingir os mananciais causando assoreamento dos cursos d'água. O assoreamento reduz a profundidade dos canais, causa poluição das águas e aumenta o risco de ocorrência das cheias, alterando a dinâmica fluvial.

Já Bertoni & Lombardi Neto (1985), explicam que apesar da erosividade da chuva ser atribuída geralmente à intensidade dos eventos chuvosos, o limite crítico para que o evento efetivamente seja considerado de alta erosividade, depende também de características regionais de relevo que potencializam a energia de transporte da água. Magalhães (1995) acrescenta que o poder erosivo da água dependerá da densidade e velocidade do escoamento, da espessura da lâmina d'água, da inclinação e comprimento da vertente, e da presença de vegetação, porque a erosão pode ocorrer tanto em terrenos levemente ondulados, quanto em terrenos acidentados, onde a topografia, a forma e o comprimento da vertente influem muito na velocidade de formação e desenvolvimento do processo erosivo.

2.5. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (E.U.P.S.)

Os primeiros trabalhos para desenvolver equações que avaliassem as perdas de solo de uma área datam de 1940, na região do *Corn Belt* dos Estados Unidos; sendo que o processo empregado a partir daquela época até 1956 era conhecido por método do “plantio em declives”. Somente no final da década de 50, uma equação de perdas de solo foi aprovada superando restrições geográficas e climáticas surgidas nas equações anteriormente propostas e, devido à sua aplicação generalizada, o modelo aperfeiçoado passou a denominar-se equação universal de perda de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

Wischmeier & Smith (1978), citados por Bertoni e Lombardi Neto (2005) e por Silva et al. (2007), revisaram a equação de perdas de solo (Equação 5) a qual exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica, sendo:

em que:

- A:** perda de solo por área, $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$;
- R:** fator erosividade da chuva, $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}\ ano^{-1}$;
- K:** fator erodibilidade do solo, $MJ\ ha^{-1}.mm/ha$;
- L:** fator comprimento do declive, adimensional;
- S:** fator grau de declive, adimensional;
- C:** fator uso e manejo do solo, adimensional; e
- P:** fator práticas conservacionistas, adimensional.

Silva et al. (2003) afirma que mesmo que a E.U.P.S. apresente limitações científicas, este é o modelo matemático mais utilizado mundialmente para exprimir a ação dos principais fatores influentes nas perdas de solo pela erosão hídrica laminar e, no caso do Brasil, onde a base de dados e

informações cartográficas é normalmente escassa, ela tem sido largamente utilizada em função da sua relativa simplicidade.

A Equação Universal de Perda de Solos pode ser fracionada em duas equações: Equação do Potencial Natural de Erosão que considera apenas os fatores naturais do meio físico, intervenientes no processo de erosão e Equação do Potencial Antrópico, com os fatores que dependem das ações antrópicas sobre o meio físico. Este fracionamento permite realizar uma análise segmentada do processo erosivo e já foi realizado em diversos trabalhos citados em (COSTA, 2005).

Na seqüência tem-se uma descrição mais detalhada dos fatores da EUPS:

- Fator erosividade da chuva (R): Índice numérico que expressa a capacidade da chuva em causar erosão em áreas desprotegidas. É calculado a partir de registros pluviométricos, e considera tanto a quantidade precipitada, quanto a energia cinética da chuva sobre o solo. Para países que não dispõem de bancos de dados, este fator é calculado a partir da estimativa de índices de erosividade para aplicações da EUPS (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).
- Fator erodibilidade do solo (K): Relação entre intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva para solo constantemente sem cobertura ou com culturas cíclicas. Este fator leva em conta as diferentes propriedades físicas dos solos e sua resistência à erosão, considerando que certos solos são mais erodíveis que outros, independentemente da declividade da encosta. Segundo Silva et al. (2007) várias pesquisas atribuem valores ao fator K para as mais diversas classes de solos nas distintas regiões brasileiras.
- Fator comprimento do declive (L): A intensidade da erosão hídrica pode ser fortemente afetada pelo comprimento do declive e seu gradiente. O fator L representa a relação de perdas de solos entre comprimento do declive e comprimento de rampa de 25m para os mesmos fatores solo, chuva, grau de declive, cobertura e manejo (AMORIM et al., 2009).

• Fator grau de declive (S): Trata da relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9%, sendo apresentada uma equação para possíveis ajustes às características locais (Equação 6). É considerado um fator de difícil obtenção, principalmente para trabalhos com bacias hidrográficas, sendo o uso de softwares que efetuam seu cálculo uma alternativa (Silva et al., 2007). Nas aplicações práticas da EUPS os fatores L e S são considerados juntos, sendo tomada a seguinte equação para sua estimação:

$$\frac{S}{9}$$

em que:

X: comprimento da vertente, m; e

D: declividade do terreno, %.

Bertoni e Lombardi Neto (2005) ajustaram uma equação para o cálculo o fator LS (Equação 7) a partir de dados de perdas de solo por erosão dos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. Esta equação se pauta numa média de 10 anos de observações em talhões de distintos comprimentos de encosta e graus de declive (AMORIM et al., 2009).

em que:

LS = comprimento de rampa;

P = tamanho do pixel (10 m); e

D = declividade do terreno, %.

• Fator uso e manejo do solo (C): Representa a relação de perdas de solo considerando o terreno com cobertura e terreno descoberto, nas mesmas condições de avaliação do fator K. Entende-se, que em áreas cultivadas as

perdas de solo por erosão hídrica podem ser reduzidas, devido a potencial proteção do solo, o que pode apresentar resultados distintos quando consideradas as sazonalidades das culturas (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2005)

O fator C mede o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo utilizadas, desde o plantio até a colheita.

De acordo com Araújo (1997), o fator C, é considerado como uma função do potencial de proteção do solo devido a uma determinada cobertura vegetal e seu manejo. Este fator varia de zero (cobertura florestal intocada) a um (1) - solo exposto.

• Fator práticas conservacionistas (P): Relação entre perdas de solo esperadas pelo plantio respeitando as curvas de nível e pelo plantio morro abaixo. De acordo com Silva et al. (2007) a obtenção dos fatores C e P são resultados de longos e onerosos processos para identificação de dados definitivos. Estes autores apresentam tabelas de valores propostos por Wischmeier & Smith (1978) e Mitchell & Bubbenzer (1980).

2.6. POLITICA FLORESTAL BRASILEIRA

A floresta tem sua importância tanto do ponto de vista ecológico quanto do ponto de vista econômico. A floresta permite diversas inter-relações entre os organismos e o seu meio físico, constituindo-se num ecossistema terrestre onde interagem organismos tais como fungos, bactérias, algas, árvores, vermes, aves, insetos, mamíferos e o próprio homem. Além disso, a floresta serve para regulação da intensidade dos ventos, para regulação dos ciclos hidrológicos, e fornece uma série de bens naturais ao homem, tais como madeira, sementes, folhas, raízes e frutos. Normalmente, apenas esses bens têm sido valorados nas análises econômicas, e essa valoração é considerada para definir a importância de políticas florestais referentes a esses recursos ou produtos (GONZÁLES & BACHA, 2007).

Definida a área florestal mediante critérios específicos, ela se constitui num bem de interesse público e é estabelecida direito de propriedade, com

característica específica à legislação de cada país. Uma determinada nação possui seu próprio sistema de governo e seu Poder Legislativo está baseado na sua cultura, formação, pensamentos, sentimentos e outros atributos particulares. Isso determina as legislações das diferentes nações referentes ao uso, administração, sustentabilidade e a outras decisões que afetam as florestas do planeta (GONZÁLES & BACHA, 2007).

A política florestal compõe-se de normas e estímulos que devem ser baseados nos princípios da sustentabilidade no manejo dos recursos florestais, na valoração ambiental desses recursos, na participação democrática da sociedade para a planificação e execução dos programas e projetos florestais, na descentralização, na regionalização e transparência da execução e na tomada de decisões, e ainda, na equidade na aplicação da legislação florestal. Nesse sentido, para a execução da política florestal é indispensável adotar leis em consonância com costumes e normas jurídicas do país, que permitem o acima exposto. Por sua vez, a legislação florestal deve guardar harmonia com o progresso econômico e social do país e também promover tal progresso (FAO, 2005).

No caso do Brasil, a legislação nacional estabelece normas para o uso da terra, o que a torna um mecanismo de política de rendas. A política de rendas é constituída de regulamentações que determinam valores mínimos ou máximos para o pagamento pelo uso dos fatores de produção ou produtos elaborados numa economia e/ou, restringem a produção e a comercialização de produtos e o uso dos fatores de produção (Bacha, 2005). Em resumo, a política de rendas se implementa através de normas, nas quais se explicitam o que pode ser feito, como pode ser feito, quando pode ser feito e em qual intensidade pode ser feito.

2.6.1. Códigos Florestais

No início do século XX, o avanço da degradação ambiental crescia no país. Foi nesse cenário que o Poder Público decidiu interceder estabelecendo limites ao que parecia ser um saque ou pilhagem dos recursos florestais (muito embora, até então, tais práticas fossem lícitas). A mencionada “intervenção”,

necessária, materializou-se por meio da edição de um (primeiro) Código Florestal, o de 1934 (AHRENS, 2003).

A lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 estabeleceu um “Novo Código Florestal”, com características que o torna um importante marco legal na legislação ambiental. Somada a outras leis que permeiam a proteção florestal, é considerada uma medida Estatal avançada e de enorme valor para os anseios almejados pela Constituição Federal de 1988. Nossa carta magna segundo Caradori (2009) é taxativa ao enunciar em seu *Caput* 225 que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Este código dispõe sobre as áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL); as regras gerais de exploração florestal; o suprimento por matéria-prima florestal; o controle da origem dos produtos florestais e dos incêndios florestais; e prevê instrumentos econômicos para o alcance de seus objetivos.

A legislação florestal brasileira é bastante ampla e incorpora leis nacionais, estaduais e municipais. Esse estudo discorrerá especialmente sobre a legislação referente às **Áreas de Preservação Permanente (APP)**, mais especificamente quatro delas: os entornos de nascentes; as faixas ciliares; os topos de morro, montes, montanhas e serras; e as encostas ou partes destas com alta declividade (superiores a 45°). Aprofundará também o debate sobre a **Reserva legal** por considerá-la de igual importância.

2.6.1.1. Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal

As APP definidas nos termos do Arts. 2º e 3º da Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 “são bens de interesse nacional e espaços territoriais especialmente protegidos, cobertos ou não por vegetação, 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, além da singularidade e do

valor estratégico que, conforme indica sua denominação, são caracterizadas, como regra geral, pela intocabilidade e vedação de uso econômico direto” (BRASIL, 1965).

A Figura 2 ilustra a distribuição das APP de cursos hídricos, em função da legislação ambiental brasileira.

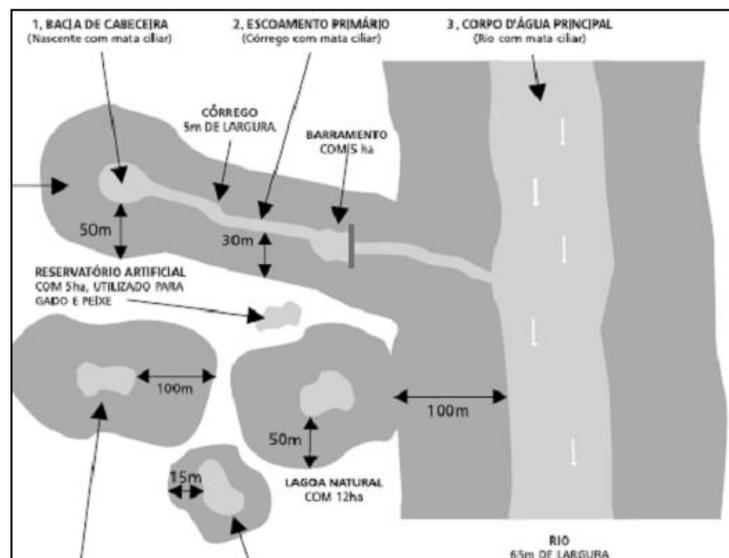


Figura 2 – Distribuição e largura das APP de cursos hídricos. Fonte: (Calheiros et al. 2004, *apud* Coutinho, 2010)

As principais atualizações e aperfeiçoamentos percebidos pelo Código Florestal em relação às APP foram por intermédio da Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989 que ampliou a largura das faixas de vegetação ao longo e no entorno de corpos d'água (BRASIL, 1989), da Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001 (BRASIL 2001), e das Resoluções do CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002 que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites para 15 categorias de áreas consideradas de preservação permanente e nº 369 de 28 de março de 2006, que aborda os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APP (CONAMA, 2008) e mais recentemente pela Instrução Normativa do MMA nº 05 de setembro de 2009, que permitiu aos agricultores familiares o plantio de algumas espécies frutícolas nessas áreas, permitindo assim um pequeno ganho financeiro (BRASIL, 2009).

Somando-se a essas regulamentações foi estabelecido no país a Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que visa assegurar condições ao desenvolvimento sócio-econômico concomitantemente à preservação da qualidade ambiental, seguindo princípios específicos, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo e respeitando o equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

Nas discussões sobre as mudanças no Código Florestal pode se notar em diversas ocasiões a ausência do debate sobre a importância dos serviços prestados pelas APP a toda sociedade. Com objetivo de contribuir no debate sobre a questão, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Associação Brasileira de Ciência (ABC) desenvolveram importante estudo sobre a temática. Como resultado desta parceria, que contou também com apoio de outras organizações, como a EMBRAPA e diversas Universidades, elaborou-se o documento “O Código Florestal e a Ciência” (SILVA et al. 2011). Segundo este estudo há consenso entre os estudiosos da importância destas áreas na proteção da biodiversidade. Por exemplo, considerando a importância da metragem atual das APP ripárias, o estudo alega que os rios devem ser preservados em sua extensão, pela fauna diversa que abriga, além de assegurar a manutenção da qualidade dos solos. Para os estudiosos sua proteção deve ser fomentada, ao contrário de uma possível permissão de uso. Ainda segundo o relatório, a presença de vegetação nestas áreas dissipa as forças erosivas, ocasionadas pelo escoamento superficial das águas de chuva. Seu papel fundamental é controlar a elevação repentina dos rios em momentos de enchentes. Outro exemplo são as áreas com altitude acima de 1800 metros, apesar de serem raras no território brasileiro são de grande importância. Estes locais apresentam alta taxa de endemismo, devido ao longo processo de especiação, gerado pelo isolamento geográfico (RIBEIRO & FREITAS, apud SILVA et al. 2011).

Em relação à Reserva Legal o estudo afirma que existem várias razões para que se mantenham a obrigatoriedade da conservação das Reservas Legais. Segundo o relatório estas áreas somadas com as APP deveriam

preservar 30% dos imóveis rurais, a fim de garantir a conservação da biodiversidade (SILVA et al. 2011).

Segundo a Agência Nacional de Águas em estudo realizado anteriormente sobre essa matéria, e publicado na Nota informativa conjunta nº 01/2009/SUM/SPR, de 12 de maio de 2009, a qual identifica que entre os benefícios das APP diretamente relacionados aos recursos hídricos, encontram-se: a proteção do solo, sob a vegetação da APP, com relação ao impacto direto da chuva; a proteção contra a entrada de sedimentos nos corpos d'água, minimizando o assoreamento; a proteção de encostas e barrancos; redução ou impedimento do carreamento de adubos e agroquímicos para os corpos d'água; proteção da planície de inundação; manutenção do ecossistema aquático por meio do fornecimento de sombra e alimentos para a ictiofauna; proteção quanto ao acesso inadequado até o leito dos rios (ANA, 2010).

A manutenção e ampliação do fornecimento desses benefícios é que garantirá água em qualidade e quantidade para todos os usos, especialmente para o abastecimento humano, que por sua natureza é o uso mais exigente do ponto de vista qualitativo e que requer maior garantia de suprimento.

Tendo clara a importância das florestas na melhoria da qualidade e ampliação da oferta de água nas bacias hidrográficas, cabe analisar do ponto de vista de recursos hídricos e considerar pelo menos os seguintes aspectos: características físicas dos solos, em especial textura, estrutura e profundidade; características topográficas do terreno; tipos de cobertura vegetal existentes; regime pluviométrico predominante; e características de uso e ocupação da terra (ANA, 2010)

Existem várias formas de delimitar APP, as quais têm sua origem com base em verificações de campo e métodos topográficos tradicionais. Entretanto, tais métodos são demorados e exaustivos, e representam desafios para os mais experientes profissionais. Com a evolução e viabilização dos métodos automáticos e semi-automáticos, estes trabalhos tornaram-se dotados de confiabilidade e facilidade de acesso na forma de base de dados digitais. (HOTT et al., 2004; RIBEIRO et al., 2005; PINHEIRO & CABRAL, 2007; STEMPNIAK et al., 2009).

Entende-se por Reserva Legal a 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 da fauna e flora nativas. Nela não será permitida a supressão e o corte raso, podendo apenas ser utilizada sob regime de manejo florestal sustentável. Essas áreas reger-se-ão pelo disposto nos Art. 16 e 44 do Código Florestal, com a redação dada pela Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001).

No tocante à reserva legal no Código Florestal, os limites foram definidos para abranger todos os imóveis rurais do Brasil, sendo que na Mata Atlântica este percentual é de 20% e a obrigatoriedade de reposição (caso não as tenha) era de no máximo trinta anos, a contar da promulgação do Código Florestal, com plantios mínimos de 1/10 da área a recompor a cada três anos (art. 44, inciso I).

A Reserva Legal deve ser averbada à margem da inscrição da matrícula do imóvel, no cartório de Registro de imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação nos casos de transmissão a qualquer título, de desmembramento ou de retificação de área. Deverá ser feito mediante assinatura pelo proprietário, do Termo de Responsabilidade de Preservação da Reserva Legal, junto a Agência Ambiental responsável nos Estados da Federação.

A vegetação nativa existente em áreas de preservação permanente poderá ser computada no cálculo do percentual para a composição da Reserva Legal, desde que, não implique em conversão de novas áreas para uso alternativo do solo e quando a soma da vegetação nativa em área de preservação permanente e reserva legal exceder a 25%, da pequena propriedade rural ou posse rural familiar e, 50% das demais, na forma do artigo 16, § 6º do Código Florestal.

Para cumprimento desse papel, torna-se fundamental para a reserva legal, o Manejo Florestal Sustentável. O qual é entendido como a administração e uso da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do

ecossistema objeto do manejo. Ele deve considerar, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal (ANA, 2010).

Segundo o Instituto de Defesa Agropecuário e Florestal do Espírito Santo (IDAF) existem na BHRJ cinco propriedades com a Reserva Legal averbada. Somadas totalizam apenas trinta hectares, sendo a maior reserva com 13 hectares. Essa não é apenas uma realidade desta localidade interiorana do Caparaó capixaba. No Estado do Espírito Santo, segundo estatísticas cadastrais do INCRA, citado por Bacha (2005) no ano de 1998 apenas 1,2% dos imóveis rurais declararam ter a reserva legal e, no Brasil, este valor foi de apenas 7,8%.

Para tentar minimizar este problema o Governo Estadual do Espírito Santo aprovou o Decreto nº 2271-R de 5 junho de 2009 que dispõe sobre a proteção, recomposição e compensação da área de Reserva Legal dos imóveis rurais no Estado permitindo aos proprietários rurais, com área recoberta por vegetação nativa inferior ao percentual exigido, a compensação da Reserva Legal por meio de plantio de espécies arbóreas exóticas. Esse caso só é permitido se intercalado com espécies arbóreas nativas ou em Sistemas Agroflorestais (SAF), podendo atingir um percentual máximo de cinquenta por cento (50%) dos indivíduos ou de ocupação da área da Reserva Legal compensada ou recuperada. Assim, estas áreas compensadas com espécies exóticas podem ser exploradas por um manejo sustentável, dando condições aos produtores rurais de terem um retorno financeiro respeitando a legislação vigente e contribuindo para a recuperação e conservação da Mata Atlântica no Estado (Espírito Santo, 2009).

As APP e Reserva legal localiza-se em grande parte em propriedades privadas, sendo assim, os produtores rurais são os principais guardiões da riqueza e biodiversidade dessas áreas. Necessita-se, portanto, de uma estratégia que envolva os proprietários rurais, além de aspectos legais, como a obrigatoriedade da recuperação de APP e reservas legais, relacionadas com mecanismos de estímulo econômico para o meio rural, que proporcionem condições para que esse processo ocorra, buscando seu ordenamento e

incentivos sócio-ambientais e de políticas agrícolas em bases sustentáveis (MORES, 2005).

Conquanto exista a Lei e a sua Regulamentação, a sua aplicação tem encontrado barreiras culturais e operacionais (Costa et al., 1996) e pouca importância tem sido dada, principalmente nas áreas rurais, a certos limites impostos ao direito de propriedade (Benjamim, 1997). Conseqüentemente, ao longo dos anos as APP e Reserva Legal foram submetidas a grandes extensões de degradação devido à intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, gerando um passivo ambiental extremamente prejudicial à nossa economia e bem-estar, em muitos casos afetando a disponibilidade de recursos naturais importantes à vida (ARES, 2006). Devido a essa realidade, a gestão e o manejo integrados dos biomas e ecossistemas e as tipologias florestais tanto públicas como privadas, são de importância incontestável para a manutenção da biodiversidade.

2.7. BIOMA DA MATA ATLÂNTICA

O Brasil é um dos países com maior mega-diversidade do planeta: quase um terço das florestas tropicais remanescentes do mundo está em seu território (BRASIL, 2006).

O bioma Mata Atlântica cobria originalmente cerca de 1,5 milhões de km², predominantemente no Brasil, mas com pequenas porções no leste do Paraguai e no norte da Argentina. No Brasil, a Mata Atlântica é o terceiro bioma em área, sendo encontrada em todas as regiões do país, exceto a região Norte. (IBGE 2004). É um domínio com múltiplas fitofisionomias, formado por um conjunto de ecossistemas florestais e ecossistemas associados (restingas, manguezais, etc) que engloba uma área de 1.306.000 km² equivalente a 15% do território nacional, cobrindo total ou parcialmente 17 estados brasileiros, conforme pode ser visualizado na Figura 3 (p. 35).

Em função de seu alto grau de ameaça por degradação antropogênica e do elevado grau de endemismo, a Mata Atlântica faz parte dos 25 “hotspots”¹

¹ O conceito Hotspot foi criado em 1988 pelo ecólogo inglês Norman Myers, e refere-se a toda área prioritária para conservação, isto é, de alta biodiversidade e ameaçada no mais alto grau.

mundiais, considerados prioritários para a conservação da biodiversidade global (Myers et al. 2000), além de ser a maior Reserva da Biosfera definida pela Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura (UNESCO). Assim, a Mata Atlântica é considerada uma *Ecorregião Crítica* – um bioma com uma biodiversidade incrível, entretanto, extremamente ameaçado, o que requer ações urgentes para se evitar a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos.

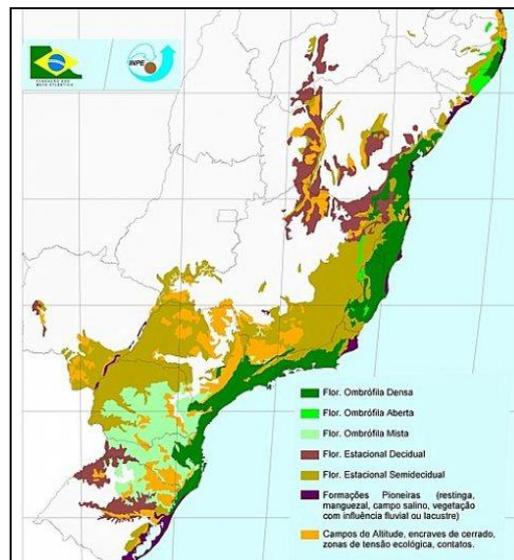


Figura 3 – Extensão do Bioma Mata Atlântica conforme Lei Federal nº 11.428/2006. (Fonte: SOS Mata Atlântica/INPE, 2010)

Na área do Domínio da Mata Atlântica, encontram-se hoje cerca de 120 milhões de habitantes (60% da população brasileira) e 3.400 municípios (LINO 2002). Localizam-se ainda nesta área, grande parte dos maiores pólos industriais, agrícolas, químicos, petroleiros, portuários e turísticos do Brasil, respondendo por cerca de 70% do PIB (Produto Interno Bruto) nacional e três dos maiores centros urbanos do continente (IBGE, 2001). Esta condição humana segundo Lutzenberger (1990) é suicida, pois se insere num ambiente com crescente perda da biodiversidade, processos erosivos, envenenamento

É considerada Hotspot uma área com pelo menos 1.500 espécies endêmicas de plantas e que tenha perdido mais de 3/4 de sua vegetação original.

do solo e rios, além da transformação das cidades em habitats insustentáveis, resultante de modelos de desenvolvimento absurdos.

A Fundação SOS Mata Atlântica divulgou recentemente no Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica (2008-2010) que a perda de hábitat aproxima-se de 93% da área original, ou seja, restam apenas 7% da área originalmente coberta pela Mata Atlântica brasileira (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2010). Essa degradação espacial e temporal do bioma pode ser visualizada na Figura 4.



Figura 4 – Comparação espacial e temporal da Mata Atlântica (1500-2007)
(Fonte: SOS Mata Atlântica/INPE, 2010)

Esse pequeno percentual de Mata Atlântica, embora situada na área mais urbanizada do país, e ainda sob ameaça de destruição em várias regiões, possui imenso valor paisagístico, científico, turístico, cultural e presta inúmeros serviços ambientais como a conservação da biodiversidade, proteção de solos, das águas e encostas, dentre outros, além de contribuir significativamente para a economia brasileira tanto no nível local, quanto nacional e internacional (RMA, 2006).

Nesse conjunto florestal encontra-se uma diversificada fauna, caracterizada pelo grande número de espécies raras e endêmicas, e em muitos casos ameaçadas de extinção. As estimativas indicam que a região abriga 261 espécies de mamíferos (73 deles endêmicos), 620 espécies de pássaros (160 endêmicos), 260 anfíbios (128 endêmicos), além de aproximadamente vinte mil

espécies de plantas vasculares, das quais mais da metade são restritas à Mata Atlântica (RMA, 2006). Estudos levados a efeito nas últimas décadas confirmam que a Mata Atlântica é a floresta que apresenta a maior quantidade de diferentes espécies arbóreas por unidade de área. Foi localizada no Parque Estadual da Serra do Conduru, no sul da Bahia, uma diversidade de 454 espécies diferentes de árvores em apenas um hectare e nas serras de Santa Tereza, no Estado do Espírito Santo número ainda mais impressionante 476 espécies em um hectare.

A criação de unidades de conservação é uma estratégia política que vem sendo adotada em termos globais como uma das formas de possibilitar a conservação dos ecossistemas naturais (São Paulo, 1998). No Brasil esta também tem sido uma estratégia no estabelecimento de áreas naturais para proteção da biodiversidade (Brasil, 2004). Entretanto, a criação por força de lei, de parques, estações ecológicas e outras áreas naturais protegidas, não têm conseguido solucionar os problemas decorrentes das pressões antrópicas que comprometem a conservação dos recursos naturais e culturais dessas áreas (Milano, 2000). Para Wells & Brandon (1992) estas ações têm sido relacionadas à falta de oportunidade aliada à pobreza das populações do entorno. Bem como à ausência de apoio público na criação e manutenção das mesmas, e à escassa participação pública na administração e manejo dos seus recursos naturais.

Segundo Magalhães & Ferreira (2000), para o estabelecimento de UC's, grandes extensões de ecossistemas naturais são necessários para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos e evolutivos em níveis satisfatórios. Porém, para o bioma da Mata Atlântica as oportunidades de proteção de grandes áreas são extremamente reduzidas. Portanto, outras áreas, sujeitas a níveis variados de manejo e uso da terra, devem também fazer parte das estratégias de conservação da biodiversidade.

Em 2006, um passo considerado muito importante na conciliação de desenvolvimento e conservação da Mata Atlântica, foi à aprovação do Projeto de Lei da Mata Atlântica, de autoria inicial em 1992 do então Deputado Federal Fábio Feldman, que após modificações e mais de 14 anos de tramitação no Congresso Nacional foi sancionada pela Lei nº 11.428, conhecida como "Lei da

Mata Atlântica”, dispõe sobre os limites territoriais e a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma.

Se de um lado a Lei está repleta de instrumentos que valorizam o controle social e a real extensão da Mata Atlântica que se quer proteger, de outro os dados do Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica para o período 2008-2010 (SOS Mata Atlântica/INPE, 2010) demonstram que, na prática, os efeitos das medidas legais de contenção do desmatamento e do ordenamento territorial no âmbito do bioma foram pífios e o processo de degradação continua a ocorrer, ainda que tenham acontecidos avanços, principalmente em relação a políticas de incentivo ao manejo e produção sustentável de produtos comercializáveis do bioma.

Segundo Cézar & Oliveira, (1992) várias iniciativas de restauração florestal da Mata Atlântica já foram realizadas ao longo dos últimos séculos. A primeira delas, e talvez um dos exemplos mais emblemáticos e bem sucedidos, foi à implantação da floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, projeto iniciado no século XIX. Entretanto, foi nas últimas duas décadas que essas iniciativas se multiplicaram, a ponto de hoje existirem centenas de projetos de restauração florestal espalhados pela Mata Atlântica. Estes contam com a participação de diversos tipos de instituições e o envolvimento de vários setores da sociedade.

Visando a articulação dessas iniciativas de restauração florestal da Mata Atlântica, foi criado em 2009 o “Pacto pela Restauração da Mata Atlântica”. O “Pacto” é um movimento da sociedade brasileira e congrega mais de uma centena de instituições, entre públicas, privadas, organizações não governamentais, governos, empresas e proprietários rurais envolvidas com a restauração florestal. Tem o ambicioso objetivo de restaurar 15 milhões de hectares de florestas na Mata Atlântica até o ano de 2050, o que levará a Mata Atlântica a ter 30% de sua cobertura original. (PACTO, 2011).

É este o grande desafio posto agora: induzir e consolidar políticas públicas efetivas de uso e proteção do bioma como a regulamentação dos incentivos do Fundo de Restauração da Mata Atlântica destinado ao financiamento de restauração ambiental e de pesquisa científica, a adoção do ICMS Ecológico e o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), sobretudo referentes à biodiversidade e aos recursos hídricos.

2.7.1. Mata Atlântica no Espírito Santo

Segundo estudos da fundação SOS Mata Atlântica/INPE, publicado na última edição do “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2008-2010”, no Estado do Espírito Santo já foi completamente destruída em 89% a cobertura florestal original do bioma. Os 11% restantes de remanescentes florestais se encontram dispersos na paisagem, nucleados com aglomerados urbanos e empreendimentos diversos. Esse percentual remanescente corresponde a 5.068 Km² da área total do Estado que é de 46.078 Km². Na Figura 5 fica notória a destruição da Mata Atlântica no Espírito Santo.

No município de Alegre segundo o mesmo estudo restam ínfimos 54,09 Km² (7%) de remanescentes florestais.

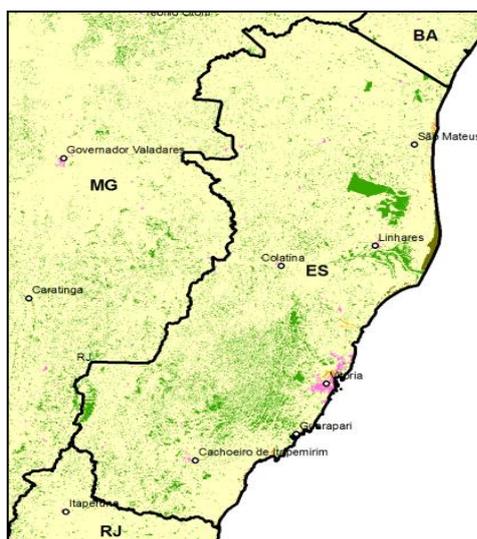


Figura 5 – Remanescentes florestais no Estado do Espírito Santo (Fonte: SOS Mata Atlântica/INPE, 2010)

As Unidades de Conservação ocupam apenas 3% da área do Estado e as áreas particulares concentram a maioria dos remanescentes da Mata Atlântica existentes. A urgência na elaboração de estratégias estaduais para a recuperação da Mata Atlântica e para a proteção da biodiversidade pode ser justificada nos resultados encontrados pelo Instituto de Pesquisa da Mata Atlântica (IPEMA) que coordenou a elaboração da lista de espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção no Estado do Espírito Santo. Os estudos

indicaram que 959 espécies da flora e fauna capixabas estão ameaçadas de extinção, das quais 240 estão criticamente em perigo, 254 em perigo e 456 consideradas vulneráveis. Identificou também que 40 espécies da fauna e da flora podem ser consideradas extintas (IPEMA, 2004).

Outra informação importante é que no Espírito Santo existem 6.000 mil Km² de áreas consideradas degradadas - parte das quais em risco de desertificação - sendo que esta degradação ocorre principalmente pelo uso inadequado do solo pela bovinocultura e cafeicultura (MENDONÇA, 2009).

2.8. GEOTECNOLOGIAS: ESTUDO DA PAISAGEM

Segundo Oliveira (2005) a dificuldade operacional, por parte do Estado Brasileiro em realizar o controle por meio da demarcação oficial do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), principalmente das áreas naturais protegidas está ligada principalmente a dois aspectos: primeiro, a complexidade do processo de demarcação dessas áreas protegidas que pela abordagem tradicional manual, requer mapas altimétricos e de hidrografia bastante detalhados (grandes escalas), o que esbarra no mapeamento produzido pelo Sistema Cartográfico Nacional (SCN), que possui somente cartas topográficas na escala 1:50.000 do paralelo 20° S para o sul e 1:100.000 deste limite em direção ao norte do Brasil e 1:250.000 para a Amazônia Legal (IBGE, 2004b). Segundo pela escassez tanto de profissionais com experiência no manuseio dessas informações quanto para a fiscalização “*in loco*”.

Com o surgimento do SIG, que é capaz de analisar, manipular e armazenar dados espaciais possibilitou-se que a rotina tradicional fosse implantada em softwares, em procedimentos conhecidos por álgebra de mapas e operações booleanas, automatizando parte do processo.

Esses softwares utilizam uma base de dados que é simplesmente uma coleção estruturada de gráficos digitais e dados cartográficos que são a representação da realidade, e dados não-gráficos, chamados tabulares, que descrevem atributos do mapa, relacionados espacialmente. De forma resumida o grande diferencial de um software de SIG é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados

geográficos e associar um banco de dados a um elemento gráfico. Desse modo, o SIG suporta dados de diversas fontes e formatos e permite que esses dados se integrem. Desse modo a aplicação da metodologia pode facilmente ser tornada pública, com o emprego dos Sistemas de Informação Geográfica.

Segundo Filho et al. (1997), o conhecimento do meio físico por meio de SIG constitui um subsídio relevante quando se deseja formular propostas de exploração racional para o planejamento de uso sustentado das terras. Neste contexto, para que se possa estruturar e viabilizar o planejamento rural é necessário dispor das informações referentes ao meio abiótico e à dinâmica do uso e cobertura vegetal das terras, com dados atuais e também históricos. A necessidade de conhecer, mapear e monitorar tanto os recursos naturais como as migrações internas, a fim de promover uma ocupação mais controlada de seu território e a utilização dos recursos disponíveis de forma mais racional, tem incentivado a execução de projetos de levantamento e de mapeamento da superfície terrestre.

O levantamento de informações sobre o tipo de cultura instalada, área plantada e distribuição espacial dentro de uma região é fundamental na tomada de decisão para o planejamento, definição e liberação de financiamento pelo setor público ou privado envolvido na agricultura, principalmente em regiões onde está agricultura é a base do setor econômico representando o grande incremento de rendimentos de retorno, devendo ser preservado e acima de tudo utilizar desta qualidade para o gerenciamento sustentável de seus recursos naturais.

Rocha (1996) enfatiza, “a dinâmica e a complexidade das operações no setor agrícola requerem o controle e a utilização constante de informações sobre as propriedades agrícolas e uso da terra”. Estas informações estão normalmente associadas às características físicas abordadas no início deste trabalho, tais como: relevo, tipos de solo, rede viária, rede hídrica, dentre outras. O gerenciamento agrícola depende do manuseio e controle de tal volume de dados que, por sua vez, deixa de ser eficiente se estes dados não se apresentarem de forma integrada, atualizada, rápida e de fácil interpretação. Um dos grandes desafios desse processo é a ampliação de programas destinados a elucidar questões sobre a dinâmica do território, as relações entre

os diferentes usos da terra e as áreas de florestas remanescentes, além daquelas relacionadas com os aspectos socioeconômicos e culturais que influenciam os padrões de uso da terra. Assim, há uma receptividade crescente para a implantação de medidas que incorporem aos projetos de desenvolvimento os impactos oriundos da utilização dos recursos naturais e ambientais, porém o volume e a qualidade de informações quantitativas que expressem o impacto das atividades agrícolas e pecuárias sobre o meio ambiente ainda é muito pequeno. Essa carência de informações faz com que os tomadores de decisões tenham dificuldade em medi-los, monitorá-los e, depois, priorizar e planejar adequadamente as intervenções necessárias (Agostinho, 2005).

Mangabeira (2002) acusou em sua conclusão de trabalho que a utilização da imagem de satélite é de suma importância e de grande operacionalidade quando utilizadas para tipificar, avaliar e caracterizar sistemas de produção agrícola com base municipal. Portanto, o SIG apresenta-se como uma opção aos métodos tradicionais de gerenciamento, pois é uma ferramenta poderosa, integrando dados espaciais e seus atributos, possibilitando a simulação, o modelamento e a visualização de informações associadas aos mapas de áreas de cultivo e fornecendo subsídios ao processo de tomada de decisões.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO - BHRJ

A bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém - BHRJ (Figura 6) com uma área de aproximadamente 67,91 km² localiza-se no domínio da Mata Atlântica, na região da Serra do Caparaó, no município de Alegre, extremo Sul do Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas 41°32' e 41°38' de longitude Oeste de Greewinch e 20°43' e 20°51' de latitude Sul. O ribeirão Jerusalém é afluente do rio Alegre, que por sua vez é afluente do principal rio da região Sul do Espírito Santo, o rio Itapemirim.

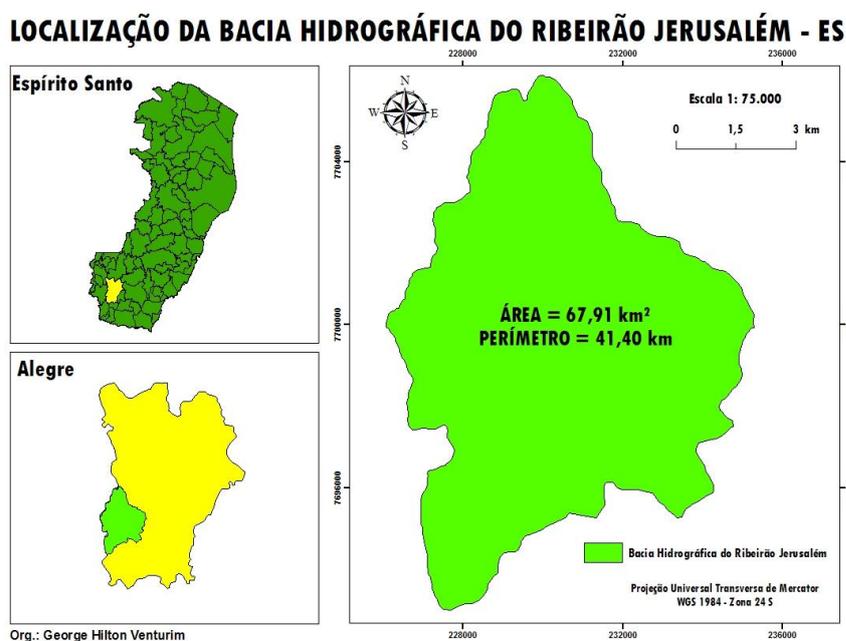


Figura 6 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém - BHRJ, ES.

Segundo a classificação climática pelo sistema de Köppen a região se enquadra na zona climática definida como Tropical de Altitude (mesotérmico), com o tipo climático Cwa, caracterizado pelo Inverno seco e o Verão Chuvoso. Em relação a classificação fisionômica da vegetação original a área é definida como Floresta Estacional Semi-decidual, porém atualmente não se encontram áreas nativas originais do Bioma Mata atlântica, e sim, remanescentes

florestais com vegetação nativa em estágio secundário e atividades agropecuárias.

Encontra-se no Apêndice A (p. 95) imagens de algumas áreas da BHRJ.

3.2. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BHRJ

3.2.1. Índices Morfométricos

Utilizando-se o aplicativo computacional *ArcGIS*, versão 9.3^{®2} (ESRI, 2005) e de posse das bases cartográficas planialtimétricas da região no formato digital na escala 1:50.000 (IBGE, 1977) foram determinadas a área de drenagem e o perímetro da bacia por meio da opção *Calculate Geometry* e para a definição do comprimento axial do curso d'água principal a opção *measure* na guia *tools* ambos no *ArcGIS*.

As demais características morfométricas derivam de equações que tem em suas componentes algumas dessas três unidades principais, como segue:

- Coeficiente de compacidade (K_c) – Equação 1;
- Índice de circularidade (I_c) – Equação 2;
- Densidade de drenagem (D_d) – Equação 3; e
- Coeficiente de rugosidade (CR) – Equação 4.

3.2.2. Declividade e Altitude

O mapa de declividade foi gerado utilizando-se as bases cartográficas planialtimétricas da região no formato digital na escala 1:50.000 (IBGE, 1977) contendo as curvas de nível com equidistância de 20 metros. A declividade foi obtida através da função *slope* do módulo *Spatial Analyst* do *ArcGIS*.

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 pondera utilizando a quantidade de pixel como fator peso na equação.

2 A partir dessa seção adota-se a nomenclatura *ArcGis* para definir o aplicativo computacional *ArcGis* 9.3

3.3. CLASSIFICAÇÃO VISUAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Por meio de 4 ortofotos (22770, 22771, 23770, 23771) - que abrangem a área da BHRJ - oriundas do ortofotomosaico na escala 1:35.000 cedidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) com resolução espacial de 1 m, foi formulado o mapa temático do uso e ocupação da terra, a partir da digitalização em tela na escala 1:2.000 das classes de uso da terra, ou seja criou-se um *shape* denominado: Uso da Terra. A classificação realizada foi do tipo manual, utilizando-se a técnica de fotointerpretação visual da imagem, feita diretamente em tela sobre as ortofotos, contornando manualmente cada uma das classes com o uso da ferramenta *editor* no *ArcGIS*.

Estabeleceu-se 14 classes de uso da terra à serem fotointerpretradas, sendo elas:

- 1) **Agricultura** (áreas de solo com culturas para subsistência);
- 2) **Cafezal** (áreas de cultura perene – café);
- 3) **Pastagem** (áreas com plantas forrageiras plantadas ou naturais utilizadas para o pastoreio);
- 4) **Silvicultura Comercial** (plantios adensados de eucalipto);
- 5) **Remanescente Florestal** (áreas de floresta natural nos estágios de regeneração secundário inicial ou secundário tardio);
- 6) **Capoeira** (áreas abertas com regeneração de vegetação espontânea herbácea à arbustiva);
- 7) **Corpos D'água** (áreas de açudes naturais, alagados e brejos);
- 8) **Formação Rochosa** (áreas com superfície exposta de rocha);
- 9) **Área Edificada Urbana** (áreas urbanas como casas, quintais, entorno de casas, ruas e acessos);
- 10) **Área Edificada Rural** (áreas construídas como casas, estábulo, celeiros, terreiro de secagem de café);
- 11) **Arborização Urbana** (áreas com vegetação arbórea em praças e parques);

- 12) **Solo Exposto** (áreas com exposição de solo claramente identificáveis devido ao forte contraste de espelhamento, representado pela coloração esbranquiçada);
- 13) **Estradas Não Pavimentadas** (estradas rurais de terra batida);
- 14) **Estradas Pavimentadas** (estradas asfaltadas).

Mesmo sendo um processo mais demorado e trabalhoso, os resultados do mapeamento são bastante confiáveis. Essa etapa se constituiu na distinção dos padrões tonais e das características feições da imagem, tais como tamanho, forma e textura.

É inerente a todo processo de captura de dados a existência de erros, que podem ser provocados por dados originais ou derivados da interpretação da fonte primária, por isso foram realizados levantamentos de campo, permitindo assim confirmar as categorias de uso da terra geradas pela fotointerpretação.

3.4. MODELO DIGITAL HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE

Os dados utilizados para geração do MDEHC foram as curvas de nível e a rede hidrográfica, ambos na escala de 1:35.000, adotando-se a exatidão cartográfica de 0,143 mm. Assim, para determinar a menor dimensão no terreno representada no mapa, ou seja, a resolução espacial das células do MDHEC multiplicou-se a exatidão cartográfica pelo fator de escala, que correspondeu a 5 m.

Determinada a dimensão da célula de saída e de posse dos referidos dados, a geração do MDHEC para a BHRJ foi realizada utilizando o algoritmo de interpolação *Topo to Raster*, disponível no módulo *Arc Toolbox* do *ArcGIS*. As operações necessárias para geração do MDHEC por meio desse algoritmo exigiram a orientação dos arcos da rede hidrográfica no sentido do escoamento e o ajuste da altimetria à hidrografia. Em seguida, foram realizadas operações de pós-processamento com a finalidade de identificar e eliminar a ocorrência de imperfeições (depressões espúrias) no MDEHC e para criação de uma calha ao longo da rede hidrográfica, objetivando garantir a convergência do

escoamento superficial até a foz da hidrografia. De acordo com Garcia & Camarasa (1999), essas imperfeições são muito freqüentes no MDEHC e deriva-se de erros presentes nos dados de entrada ou introduzidos no processo de interpolação. As falsas depressões constituem um problema importante na geração de modelos de predição do escoamento, pois interrompem o escoamento superficial. Devem, portanto, ser removidas para se ter um MDE consistente sob o ponto de vista hidrológico. Para o preenchimento dessas imperfeições utilizou-se o comando *Fill*, disponível no módulo *Arc Toolbox* do *ArcGIS*.

3.5. DELIMITAÇÃO DAS APP

De posse dos processamentos realizados nas etapas anteriores, iniciou-se o mapeamento das APP situadas em faixa marginal dos rios com largura de trinta metros (*buffer*), porque na BHRJ ocorrem somente cursos d'água com menos de dez metros de largura, ao redor das nascentes e áreas de contribuição num raio de cinquenta metros de largura (*buffer*), nos topo de morros, montes, montanhas e serras (terço superior) e nas encostas com declividades acima de 45°, baseando-se nos critérios estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 303, a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP.

Para delimitação das **APP de topo de morro, montes, montanhas e serras (APP1)** foi utilizada a metodologia de Hott (2004), baseado em geotecnologia, aplicando rigorosamente a legislação e adotando um critério na delimitação das elevações por meio do fluxo numérico presente na superfície modelada digitalmente.

Na delimitação das **APP de encostas com declividades acima de 45° (APP2)** foi utilizado o MDEHC, inicialmente, elaborando o mapa matricial de declividade da área de estudo utilizando o comando *SLOPE*, disponível no módulo *Arc Toolbox* do *ArcGIS*. Posteriormente, realizou-se a reclassificação do mapa de declividade com o objetivo de delimitar apenas a classe de APP com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive.

Para delimitar a **APP ao redor das nascentes (APP3)** foram utilizadas as bases de dados correspondentes ao MDEHC, aos pontos relacionados às nascentes e à rede hidrográfica orientada no sentido da foz. A delimitação das áreas de preservação no entorno das nascentes foi realizada por meio do comando *Buffer*, disponível no módulo *Arc Toolbox* do *ArcGIS*, delimitando-se um raio de preservação de cinquenta metros no entorno das nascentes.

A delimitação das **APP ao longo dos cursos d'água (APP4)** foi realizada utilizando a base de dados correspondentes aos cursos d'água, os quais foram digitalizados em tela sobre as aerofotos ortorretificadas do ano de 2007 na escala 1:35.000 cedidas pelo IEMA (1 m de resolução espacial) e imagens do satélite Geoye (0,5 m de resolução espacial). Utilizou-se o comando *Buffer*, disponível no módulo *Arc Toolbox* do *ArcGIS*, delimitando-se uma área de trinta metros em cursos d'água com menos de dez metros de largura e de cinquenta metros em cursos d'água com largura entre dez e cinquenta metros.

3.6. ANÁLISES DE CONFLITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A identificação e análise do conflito do uso e ocupação nas APP conforme a Resolução do CONAMA nº303/2002, foi realizada por meio de cruzamento tabular dos mapas temáticos das categorias de APP e do uso e ocupação da terra, utilizando a técnica de sobreposição disponível no módulo de análise do *ArcMap*. Assim foi possível quantificar e determinar a área e a percentagem que cada classe ocupa dentro da área nas APP para toda a BHRJ. Foram consideradas sob uso incongruente todas as áreas que não sejam de vegetação nativa ou de ocorrência natural presentes nas APP.

3.7. CÁLCULO DA PERDA DE SOLO PELA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (EUPS)

Para a espacialização da Perda de Solo pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), foram utilizadas as bases cartográficas digitais de

curvas nível, hidrografia e estradas disponibilizadas pelo sistema GEOBASES na escala 1:50.000.

3.7.1 Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para geração do MDE, foi realizada a interpolação pelo método da Triangulação Irregular de Redes (Triangular Irregular Network - TIN), com curvas de nível apresentando equidistância vertical de 20 m, utilizando-se a extensão *3D analyst* do *ArcGIS 9.3*.

A partir do TIN, gerou-se um arquivo Matricial com resolução espacial de 10 m, respeitando-se o erro médio quadrático estimado, utilizando-se a função *convert – Tin to Raster*.

3.7.2 Obtenção dos Parâmetros da E.U.P.S.

a) Fator R – Erosividade da chuva

De posse dos dados de precipitação de estações pluviométricas localizadas na região do município de Alegre, foi realizada a interpolação desses dados gerando-se um valor médio de precipitação. Já para a geração da imagem matricial de Erosividade da chuva, utilizou-se a Equação 8 proposta por Martins (2005) sendo:

em que:

x: precipitação média, mm; e

y: erosividade, $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm h}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

b) Fator K – Erodibilidade do solo, $\text{MJ ha}^{-1} \text{mm/ha}$

Para identificação do fator K (erodibilidade do solo) consideraram-se as propostas de diversas fontes (Tabela 1), de acordo com o tipo de solo obtidos a

partir do mapeamento do RADAMBRASIL (1983) que faz a descrição dos tipos de solos e de suas principais propriedades, sendo os de ocorrência na BHRJ: TrPe2 - Nitossolo; LVd3 - Latossolo Vermelho-Amarelo e LVd2 Cambissolo.

Mannigel et al. (2002), Silva e Alvares (2005), Silva et al. (2008), Costa et al. (2009) utilizaram metodologia semelhante para identificação do fator K para predição de erosão em bacia via EUPS. Os valores de K foram

Tabela 1 - Valores de erosividade (fator K) para a BHRJ

Solo	Erodibilidade	Fonte
TrPe2 - Nitossolo	0,035	Bertoni e Lombardi Neto (2005)
LVd3 - Latossolo Vermelho-Amarelo	0,017	Bertoni e Lombardi Neto (2005)
LVd2 -Cambissolo	0,039	Silva e Alvares (2005)

c) Fator LS – Fator topográfico (adimensional)

O fator topográfico LS é constituído por duas variáveis do relevo: o comprimento das encostas (L) e a declividade das vertentes (S), conforme ilustrado pela Figura 7.

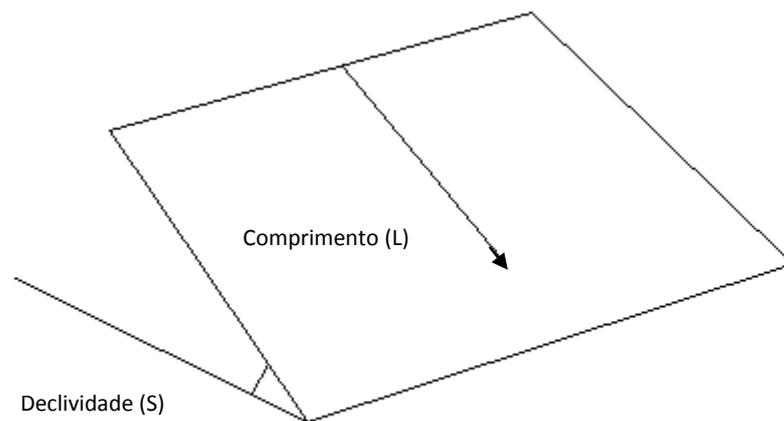


Figura 7 – Esquema do Fator Topográfico LS. Fonte: (SANTOS, 2006).

Constatou-se grande dificuldade expressa na literatura no que se refere à obtenção do fator LS (comprimento de rampa e grau do declive) o que levou à adequação da Equação 7 ao ambiente SIG.

Para o seguimento da proposta foi necessário obter individualmente o fator comprimento de rampa () de cada pixel a partir da Equação 9 (COUTINHO, 2010).



em que:

= comprimento de rampa;

Px = tamanho do pixel (10 m); e

D = declividade do terreno, %.

A metodologia adotada para geração do mapa de LS consistiu da adoção de uma equação mais objetiva (Equação 7), proposta por Bertoni & Lombardi Neto (2005), também utilizada por Corrêa e Dedecek (2009). O mapa gerado representa pixel a pixel o resultado final, com base no comprimento de rampa e na declividade. A adaptação desta equação para ambiente SIG se pautou na metodologia proposta SILVA (2003) apud. COUTINHO 2010.

d) Fator C – Uso e manejo do solo, adimensional

Para o uso e manejo dos solos (fator C) foram atribuídos os pesos às classes de uso da terra, Tabela 2 (p. 52), de acordo com a proposta de Mitchell e Bubenzer (1980), citados por Silva et al. (2003), e adaptados para ambiente SIG.

Tabela 2 – Valores de erosividade do solo (fator C) para a BHRJ (adaptado de Coutinho, 2010)

Classe	C (adimensional)
Floresta	0,001
Capoeira	0,250
Café	0,001
Silvicultura	0,250
Agricultura	0,650
Pastagem	0,100
Edificação Rural e Urbana	0,001
Afloramento Rochoso	0,001
Estradas Pavimentadas	0,001
Estradas Não Pavimentadas	1,0
Solo exposto	1,0

e) Fator P – Prática conservacionista (adimensional)

O fator de práticas conservacionistas (P) foi considerado inexistente, sendo adotado o valor “1”.

Para geração final da estimativa e do mapa de perda de solos para a BHRJ, as cinco variáveis determinadas anteriormente (já na forma de imagens matriciais), foram multiplicadas pela aplicação da EUPS (Equação 5) gerando o mapa final de perda de solos na BHRJ. No que concerne as estimativas de perda de solo nas APP e nas classes de uso da terra, estas foram determinadas utilizando-se a extensão *Spatial analyst tools do ArcGIS 9.3*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DIAGNÓSTICO FÍSICO CONSERVACIONISTA DA BHRJ

Os principais afluentes do ribeirão Jerusalém podem ser visualizados na Figura 8, sendo os dois principais contribuintes o ribeirão Vargem Alegre no sentido sudoeste e o ribeirão Cachoeira Alegre no sentido noroeste.



Figura 8 – Identificação dos cursos hídricos na BHRJ, Alegre – ES.

Destacam-se também os córregos Vagalume e o Jacutinga, porque colaboram na diluição dos poluentes advindos da área urbana do distrito de Celina, que não possui sistema de tratamento de efluentes residuais e dessa forma são lançados diretamente no ribeirão Cachoeira Alegre que a jusante unir-se-á ao ribeirão Jerusalém, de onde o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Alegre (SAAE) retira na área da barragem deste manancial em torno de 1.978.700 m³ de água anualmente para servir de abastecimento a área urbana do município de Alegre. Na Estação de Tratamento de Água (ETA) toda a água passa por processo de decantação, filtragem, tratamento microbiológico e adição de químicos normatizados pelos órgãos legais (SAAE, 2010).

4.1.1. Valores Morfométricos

Na Tabela 3 são listados os valores referentes às variáveis morfométricas calculadas para a BHRJ.

Tabela 3 – Valores morfométricos na BHRJ

Variáveis Morfométricas	Valores
Área (Km ²)	67,92
Perímetro (Km)	41,4
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,40
Índice de circularidade (Ic)	0,49
Densidade de drenagem (Dd)	2,68
Coeficiente de rugosidade (CR)	71,56

Os cálculos matemáticos determinaram que a BHRJ possui área de 67,92 Km²; perímetro de 41,4 Km; coeficiente de compacidade (Kc) igual a 1,4 indicando conforme a classificação de Silva & Mello (2008) apud. Guariz (2008) ser uma bacia com tendência mediana a grandes enchentes; índice de circularidade (Ic) igual a 0,49 sugerindo que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento conforme definiu Borsato (2004); densidade de drenagem (Dd) igual a 2,68 Km/Km² que segundo Silva & Mello (2008) apud. Guariz (2008) define uma bacia de baixa densidade de drenagem; coeficiente de rugosidade (CR) igual a 71,56 que segundo as classes definidas por Pissarra et al. (2004) é classificada como Classe D (solos apropriados para reflorestamento).

4.1.2. Declividade e Altitude

A Figura 9 (p. 55) apresenta o mapa de declividade com os respectivos valores percentuais de acordo com a classificação da Embrapa (1999).

Desse estudo pode-se inferir primeiramente que a classe de declividade predominante na bacia é a fortemente ondulado, ocorrendo em 46,25% da área da bacia. Esse tipo de relevo possui restrições ao uso da terra por conta da declividade que influencia diretamente na velocidade do escoamento superficial e conseqüentemente no arraste de partículas para o leito dos rios, além da formação de zonas de erosão no solo. Faz-se necessário dessa forma o

manejo sustentável dessas áreas com forte propensão a processos erosivos e certamente a cultura a ser implantada deve provir de orientações profissionais adequadas as condições de restrição ambiental, principalmente no que concerne a cobertura vegetal e grau de mecanização, indica-se a essas áreas Sistemas Agroflorestais, com exploração de produtos madeireiros e a presença medida de animais em pastejo rotacionado nos sub-bosques, além da apicultura aproveitando o campo silvestre de flores nativas.

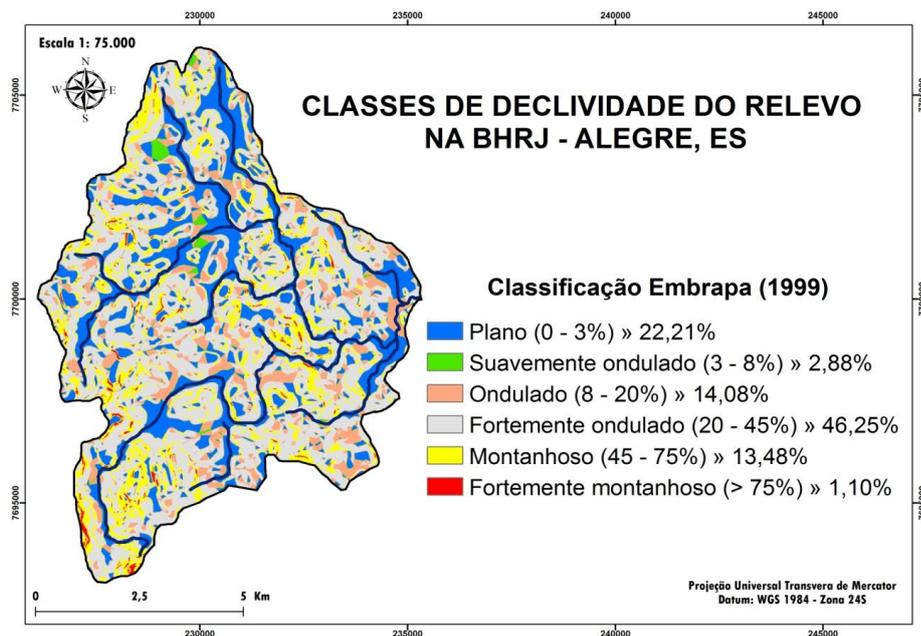


Figura 9 – Classes de declividade na BHRJ, Alegre – ES.

Uma outra afirmação que nos trás a algebra de mapas é que existe na bacia uma expressiva área de terreno com características de declividade favoráveis a atividades agropecuárias (plano – 22,21%; suavemente ondulado – 2,88%; e ondulado – 14,08%) que totalizam 26,57% da área da BHRJ. Nestas áreas a mecanização é possível e indica-se culturas agrícolas anuais, além de culturas de várzea como: arroz, inhame, taioba, flores silvestres e nos alagados, a psicultura e a rizipsicultura (arroz, peixe e marrecos).

Essas áreas de declividade suave são as principais faixas de preservação permanente dos mananciais, com sua biodiversa mata ciliar, predominando árvores com características de submersão de raízes e frutíferas muito saborosas como ingá, jaboticaba, pitomba e jenipapo. São também os

principais corredores de fluxo gênico para animais e plantas, representando inclusive ecossistemas endêmicos, com os brejos e alagados naturais.

Resulta-se então característica de conservação importantíssima, ao mesmo tempo que são as melhores áreas da propriedade rural, uma decisão difícil mas, deve-se prevalecer o adequado manejo e uso deste agroecossistema, principalmente o uso hídrico, devido a fragilidade de sua teia da vida.

Em relação as classes de declividade “Montanhoso” e “Fortemente montanhoso” que possuem relevo com tendência a deslizamentos e restrições severas de uso da terra, estas representam 9,84% da área da BHRJ, para tais é adequado manter a vegetação natural conforme preconiza a legislação, sendo vedados qualquer tipo de uso que não este. Nestas áreas cabe o manejo florestal sustentável de produtos não-madereiros como frutos, plantas medicinais e ornamentais, além de sementes.

Na Figura 10 (p. 57) percebe-se a variação da altitude na BHRJ, partindo-se de elevações 260 m e chegando-se a 1.120 m de altitude, representada pela Serra da Catarina. A altitude média na bacia é de 641 metros.

A avaliação da hipsometria gerou importante informação para o estudo, devido a grande variação de altitude existente na BHRJ faz-se necessário a seleção de espécies agrícolas adaptadas as características de áreas de elevação, como por exemplo, o café arábica, cultura que predomina nessas altitudes no Estado do Espírito Santo.

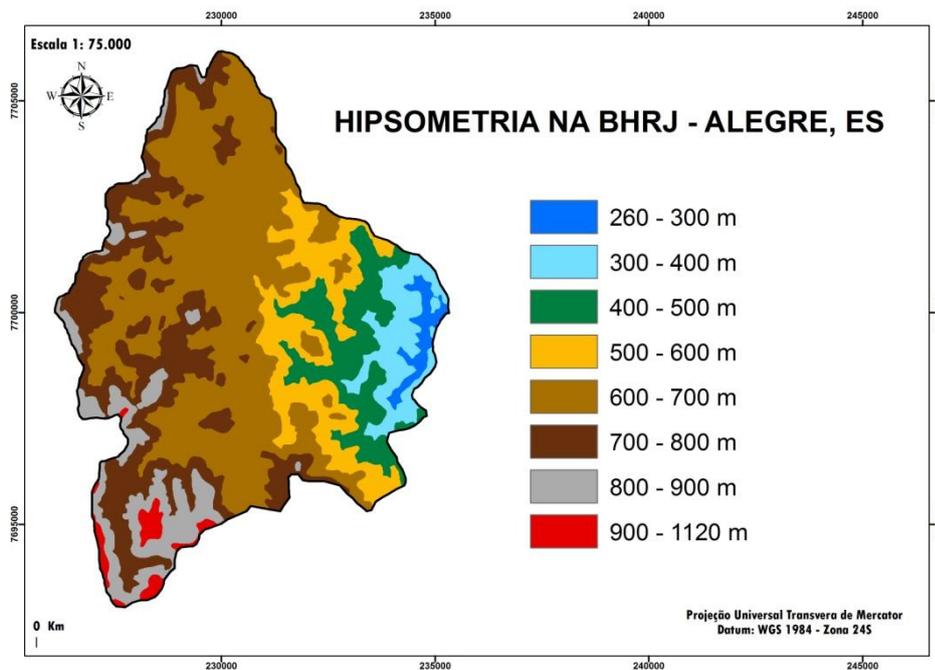


Figura 10 – Hipsometria na BHRJ, Alegre – ES.

4.1.3. Ordenamento dos Cursos Hídricos

De acordo com o modelo de hierarquização dos cursos d'água proposto por Strahler (1957) a bacia hidrográfica em questão é de ordem quindenária, como pode ser apreciado na Figura 11. O padrão de drenagem é dendrítico.

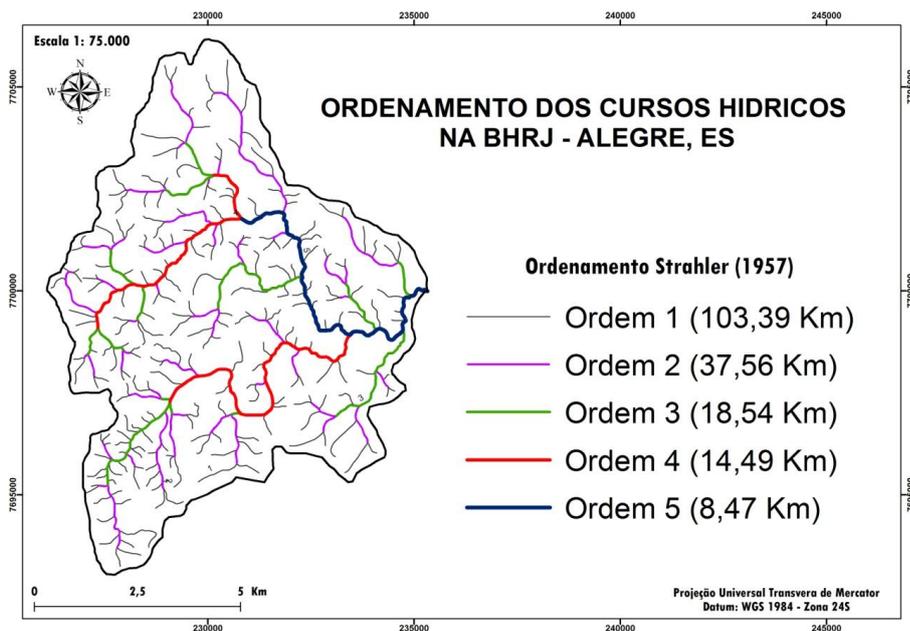


Figura 11 - Hidrografia na BHRJ classificada segundo: Strahler (1957).

4.1.4. Uso e Ocupação da Terra

As imagens das ortofotos e os levantamentos de campo permitiram identificar e mapear as 14 classes de uso da terra na BHRJ, conforme destaca a Figura 12 e Tabela 4.

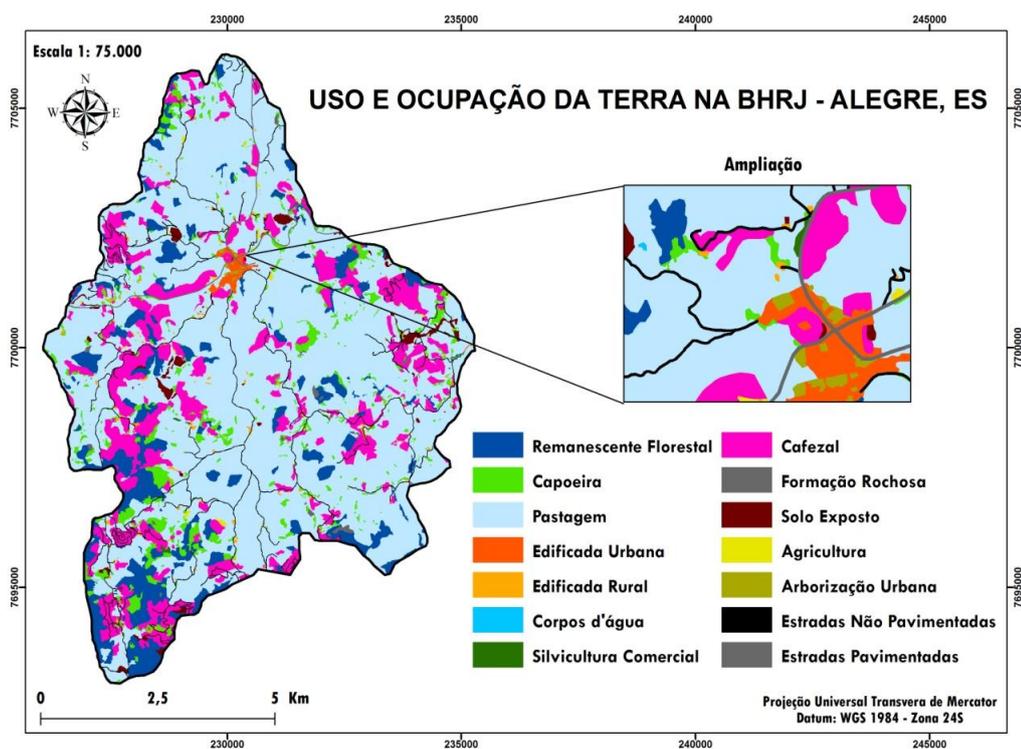


Figura 12 - Uso e ocupação da terra na BHRJ, Alegre - ES.

Tabela 4 - Quantificação das classes do uso e ocupação da terra na BHRJ

Classes de uso e ocupação da terra	Área (km ²)	Área (%)
Pastagem	44,53	65,57
Cafezal	9,40	13,84
Remanescente Florestal Secundário	6,82	10,05
Capoeira	3,35	4,93
Estradas Não Pavimentadas	1,78	2,62
Solo Exposto	0,67	0,99
Área Edificada Rural	0,43	0,63
Área Edificada Urbana	0,28	0,41
Estradas Pavimentadas	0,25	0,37
Formação Rochosa	0,18	0,26
Agricultura	0,12	0,18
Arborização Urbana	0,05	0,07
Silvicultura Comercial	0,05	0,07
Corpos d'água	0,002	0,003
Total	67,92	100

As classes do uso e ocupação da terra que apresentaram áreas menores que 0,01 km² foram desconsideradas no detalhamento desse estudo devido a insignificância de suas áreas em relação à totalidade da BHRJ.

A análise criteriosa da Tabela 4 mostra que as classes: Pastagem, Cafezal e Remanescente Florestal ocorreram em maior magnitude, com 44,53 Km² (65,57%), 9,4Km² (13,84%) e 6,82 Km² (10,05%) respectivamente em relação à área da BHRJ. Resultados similares foram acusados por Santos & Viana (2008) na mesma bacia hidrográfica. Por outro lado, a classe Corpos D'água com 0,002 Km² (0,003%) que compreendem áreas de várzeas, alagados e açudes foi a de menor significância no uso da terra.

No distrito de Celina situa-se os exemplares da classe Arborização Urbana que representam espaços arborizados no núcleo urbano, essa classe tem igual valor que a classe Silvicultura Comercial, ambas com 0,05 Km² (0,07%) de composição da paisagem na BHRJ.

Em relação às áreas representadas por edificações, neste trabalho dividido em duas classes: Edificada Urbana e Edificada Rural. A primeira apresentou valor de 0,28 Km² (0,41%) e a segunda 0,43 Km² (0,63%). Este resultado modifica a visão vigente na bacia de que as áreas de edificação urbana teriam maior representação em relação às edificações rurais (residências, celeiros, terreiros de secagem de café e estábulos), é ponto favorável também, pois sinaliza a possibilidade de direcionamento de um planejamento visando a devida ocupação do entorno desse distrito, evitando-se os mesmos erros do núcleo urbano municipal.

Considerando o somatório das classes com atividades agropecuárias (Pastagem, Cafezal, Agricultura e Silvicultura Comercial) obteve-se 60,92 Km² (89,71%) do uso da terra na BHRJ, demonstrando a expressiva participação das atividades rurais na composição da paisagem na BHRJ e seu intenso reflexo no processo de antropização desta.

4.1.5. Áreas de Preservação Permanente (APP)

A metodologia de delimitação automática das APP tendo como referência legal a resolução nº303/2002 do CONAMA possibilitou identificar e

quantificar 4 categorias de APP na BHRJ: as situadas no terço superior dos morros, montes, montanhas e serras (**APP1**), nas encostas com declividade superior a 45 graus (**APP2**), nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (**APP3**) e ao longo das margens cursos d'água (**APP4**) conforme Figura 13.

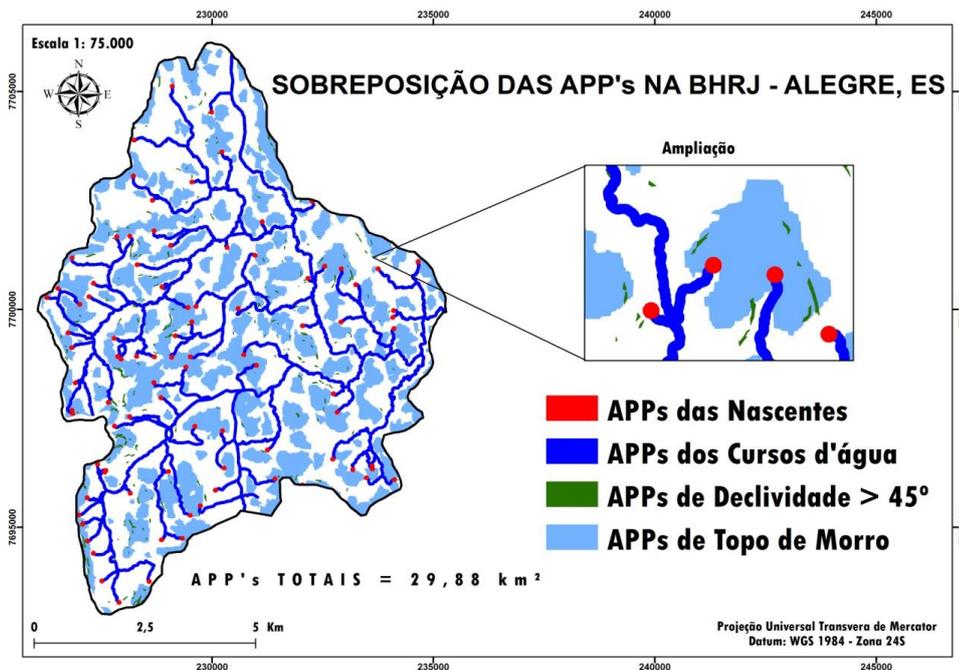


Figura 13 – Sobreposição das Categorias de APP na BHRJ, Alegre - ES.

Pela análise da Tabela 5 e Figura 14 (p. 61), verifica-se que 29,88 Km² (43,99%) da área da BHRJ são APP. Desse total 71,59% consistiram na APP situada no terço superior de morros, montes, montanhas e serras (**APP1**), 24,93% nas margens dos cursos d'água (**APP4**), 2,34% nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (**APP3**) e 1,14% em áreas com declividades superiores a 45 graus (**APP2**).

Embora, legalmente protegidas apenas 4,44 Km² (14,85%) das APP têm vegetação nativa em suas áreas e outros 1,49 Km² (4,98%) com vegetação em regeneração definidas como capoeiras.

Tabela 5 - Área e Percentual das categorias de APP na BHRJ, Alegre - ES

APP	Característica	Área (Km ²)	Área (%)
APP1	Terço superior de morros, montes, montanhas e serras	21,39	71,59
APP2	Declividade acima de 45°	0,34	1,14
APP3	Nascentes (Buffer de 50m)	0,70	2,34
APP4	Curso d'água (Buffer de 30m)	7,45	24,93
TOTAL	Sem sobreposições	29,88	43,99

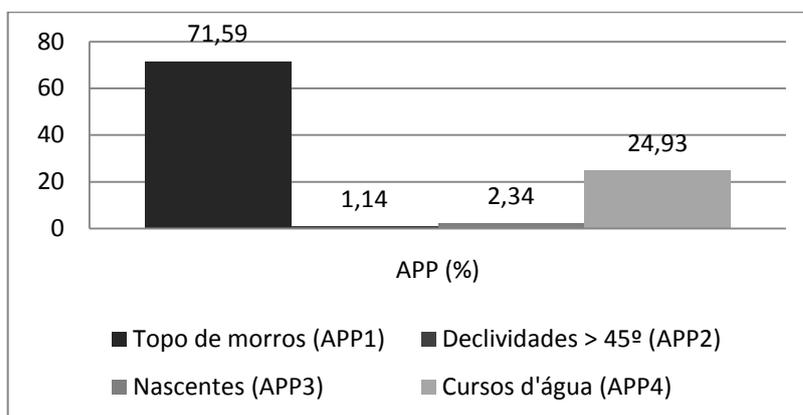


Figura 14 - Distribuição percentual das APP na BHRJ, Alegre – ES.

Santos et al., (2008) em estudo realizado na mesma bacia hidrográfica, obteve como resultado que 25,9% da área da bacia encontra-se contemplada nas APP o que corresponde a 17,58 km² de áreas legalmente protegidas. Destas 16,59% consistiram nas APP situadas nas margens dos cursos d'água (**APP4**), 6,16% nas APP situadas no terço superior de morros, montes, montanhas e serras (**APP1**), 2,67% nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (**APP3**) e 0,49% em áreas com declividades superiores a 45 graus (**APP2**). Percebe-se que pela metodologia adotada a área de APP4 foi superior a da APP1, valores contestáveis, devido os resultados desse novo estudo que se apresenta.

4.2. CONFLITO DO USO DA TERRA NAS APP NA BHRJ

A área total da BHRJ é de 67,92 km² e seguindo o estabelecido na resolução CONAMA nº 303 o total da área destinada às APP é de 29,88 km² que representa 43,99% da área da bacia, contudo 84,2% dessa área apresenta algum tipo de uso conflitante. Desconsiderando a classe Remanescente Florestal, que se supõe deveria estar efetivamente com vegetação nativa

preservada, é necessária a recomposição de 25,44 km² que atualmente suportam outras atividades que não a devida.

Entre as categorias de APP, a maior redução em área de vegetação nativa ocorreu na APP4 (margens de curso d'água) com redução de 94,36% e a que menor impacto sofreu foi a APP2 (encostas com declividade > 45°) que mantém 26,47% de sua área com vegetação nativa.

Analisando a Tabela 6 e a Figura 15 (p. 63) referentes ao conflito do uso da terra na totalidade das APP tem-se um melhor entendimento desta seção.

Tabela 6 - Área e Percentual das classes do uso e ocupação da terra nas APP na BHRJ, Alegre – ES

Classes de Uso e Ocupação da Terra	APP1		APP2		APP3		APP4	
	Área (km ²)	%						
Arborização Urbana	-	-	-	-	-	-	0,02	0,27
Agricultura	0,01	0,05	-	-	-	-	0,01	0,13
Área Edificada Rural	0,02	0,09	-	-	-	-	0,10	1,34
Área Edificada Urbana	-	-	-	-	-	-	0,05	0,67
Cafezal	2,68	12,53	0,07	20,59	0,10	14,28	0,47	6,30
Capoeira	0,92	4,30	0,02	5,88	0,08	11,43	0,58	7,78
Corpos D'água	-	-	-	-	-	-	-	-
Estradas Ñ Pavimentadas	0,17	0,80	-	-	-	-	0,24	3,22
Estradas Pavimentadas	0,01	0,05	-	-	-	-	0,02	0,27
Formação Rochosa	0,07	0,33	-	-	-	-	-	-
Remanescente Florestal	4,04	18,88	0,09	26,47	0,15	22,86	0,42	5,64
Pastagem	13,28	62,08	0,15	44,11	0,35	50,0	5,51	73,96
Silvicultura Comercial	0,01	0,05	-	-	-	-	-	-
Solo Exposto	0,18	0,84	-	-	-	-	0,03	0,4
TOTAL	21,39	100	0,34	100	0,7	100	7,45	100

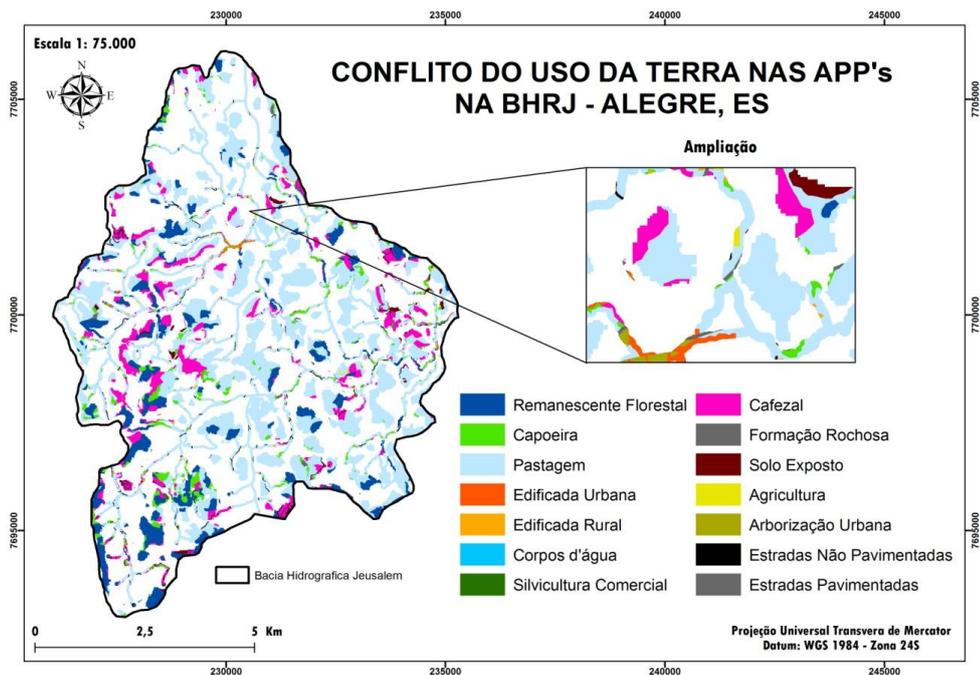


Figura 15 - Uso da terra nas APP na BHRJ, Alegre – ES.

Adentramos agora na discussão dos resultados do conflito do uso da terra nas APP em relação às 14 classes determinadas.

A primeira classe a ser discutida é a **Pastagem** que ocupa 18,78 Km², representando 62,85% da área das APP ocupadas com a bovinocultura. Oliveira (2005) confirma resultados percentuais similares ao estudar a bacia do rio Alegre, no mesmo município.

As classes **Edificação rural** e **Edificação urbana** compõem conjuntamente 0,15 Km² (0,5%) de uso conflitante nas APP, mas quando comparadas ao percentual total dessas duas classes na BHRJ, esse valor passa a representar 21,12% das edificações construídas em locais indevidos e ainda pior é que 93% destas edificações estão exatamente nas regiões de mata ciliar, ou seja, em risco iminente de inundações quando de precipitações mais elevadas, devido ao leito de inundação dos cursos hídricos.

Em relação à ocupação de APP por vias de tráfego automotivo que neste trabalho estão classificadas em relação ao tipo de pavimento em duas classes: **Estradas Pavimentadas** e **Não Pavimentadas**. A primeira com 0,04 Km² (0,13%) e a segunda com 0,42 Km² (1,4%) respectivamente de uso conflitante. Cabe destacar que na legislação esse uso pode ser enquadrado como de Utilidade Pública, quando devidamente estabelecidas com critério. No

entanto, na BHRJ predominam estradas rurais sem pavimentação e sendo a região bastante declivosa, seria necessária a adoção de técnicas para contenção do escoamento superficial, mas no decorrer da pesquisa e do trabalho de campo não foram encontradas ações nesse sentido nas vias, ao contrário, existe a incoerente prática por parte da Prefeitura Municipal de Alegre de desviar as águas da chuva exatamente para os barrancos íngremes ampliando-se a magnitude dos impactos com o deslizamento de terra e o assoreamento de baixadas e cursos hídricos.

Por fim, analisando a cafeicultura representada pela classe **Cafezal**, que representa a segunda mais expressiva classe conflitante com 3,2 Km² ou 10,7% de uso indevido na área protegida. Deste total, 2,68 Km² (83,75%) estão inseridas na APP1 (topo de morro e montanha); 0,47 Km² (14,68%) na APP4 (margens de cursos hídricos); 0,35 Km² (10,93%) na APP3 (nascentes) e 0,07% (2,18%) na APP2 (declividades superiores a 45 graus). O que deve ser levado em consideração para essa atividade são os constantes tratos culturais dessa lavoura, principalmente referentes ao controle da erosão do solo e ainda mais importante o uso adequado de defensivos químicos para controle de pragas e doenças devido à proximidade com os cursos d'água, sem dúvida um perigo de contaminação por resíduos oriundos de manejos inadequados e sem critérios técnicos.

Outro ponto importante é que do total de 9,4 Km² da classe Cafezal, 34% estão localizadas nas APP, o que deve ser considerado no momento em que se pretendem recuperar estas áreas com florestas, devido às possíveis perdas de receita dos produtores rurais. Os Sistemas Agroflorestais são a melhor alternativa para essa transição ecológica.

4.2.1. Conflito do Uso da Terra na APP1

Os resultados dessa seção foram obtidos por meio de cruzamento tabular dos mapas de Sobreposição das APP e do Uso e ocupação da terra na BHRJ.

Novamente as classes que apresentaram áreas menores que 0,01 km² foram desconsideradas na discussão devido a insignificância de suas áreas em relação à totalidade da bacia.

Na Figura 16 pode-se visualizar o conflito do uso da terra na APP1. São 162 áreas referentes ao terço superior de morros, montes, montanhas e serras, que juntas ocupam 21,39 km², sendo 31,49% em relação à área total da BHRJ. A APP1 possui 62,41% do seu território ocupado pela classe Pastagem, seguido da classe Remanescente Florestal com 18,93% e Cafezal representado por 13,04%, além da classe Capoeira com 4,30%. Considerando o somatório das classes com atividades agrárias e a classe Capoeira, estas representam 79,85% da área total da APP1, o que é extremamente preocupante porque toda essa área deveria estar coberta com vegetação nativa e, no entanto está sujeita a processos impactantes oriundos das atividades incongruentes.

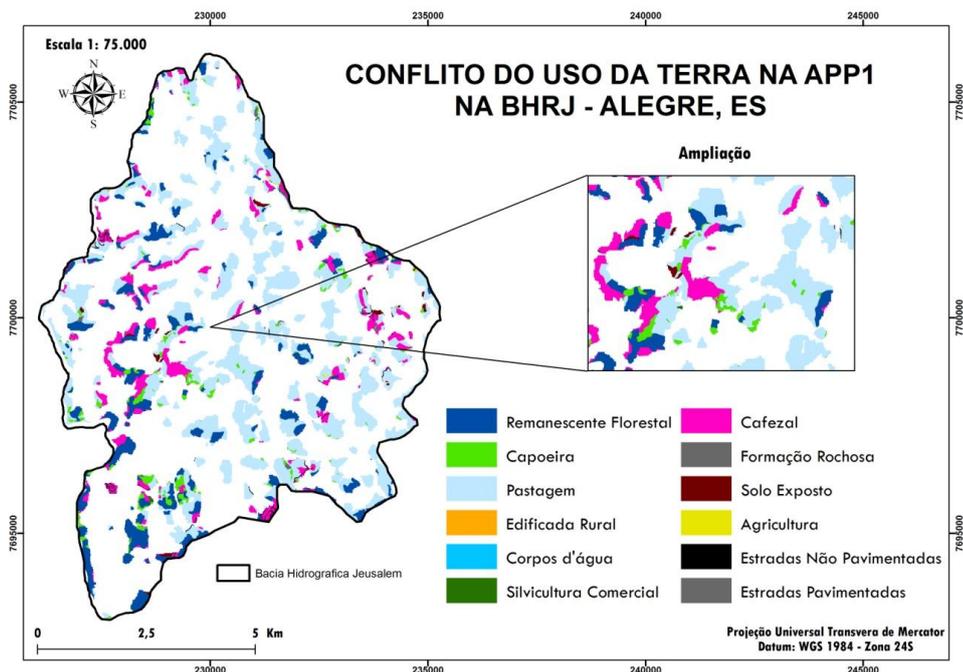


Figura 16 - Conflito do uso da terra na APP1 da BHRJ, Alegre – ES.

4.2.2. Conflito do Uso da Terra na APP2

Na Figura 17 (p. 66) pode-se visualizar a APP2 que esta localizada nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45 graus, equivalente a

100% na linha de maior declive. São 362 áreas assim definidas que ocupa 0,34 km², correspondente a 0,5% da área total da BHRJ. Esta APP apresenta significativa importância para a conservação do solo mesmo ocupando uma pequena área da bacia, pois sabe-se que em superfícies declivosas, a supressão da floresta e o manejo inadequado de práticas agrícolas, aumentam o risco de escoamento superficial. Deve-se atentar também para a ocupação dessas áreas por edificações, o que é extremamente perigoso devido a possibilidade iminente de deslizamento de terra. A classe Pastagem ocupa 44,11% desta APP, seguido pela classe Remanescente Florestal com 26,47%, Cafezal com 20,59% e Capoeira com 5,88%. Atenção especial ao resultado de ocupação pela bovinocultura, pois é impossível imaginar que animais tenham conforto físico ao deslocar-se em condições tão íngremes do terreno, o que chega a ser absurdo o uso dessas áreas por essa atividade.

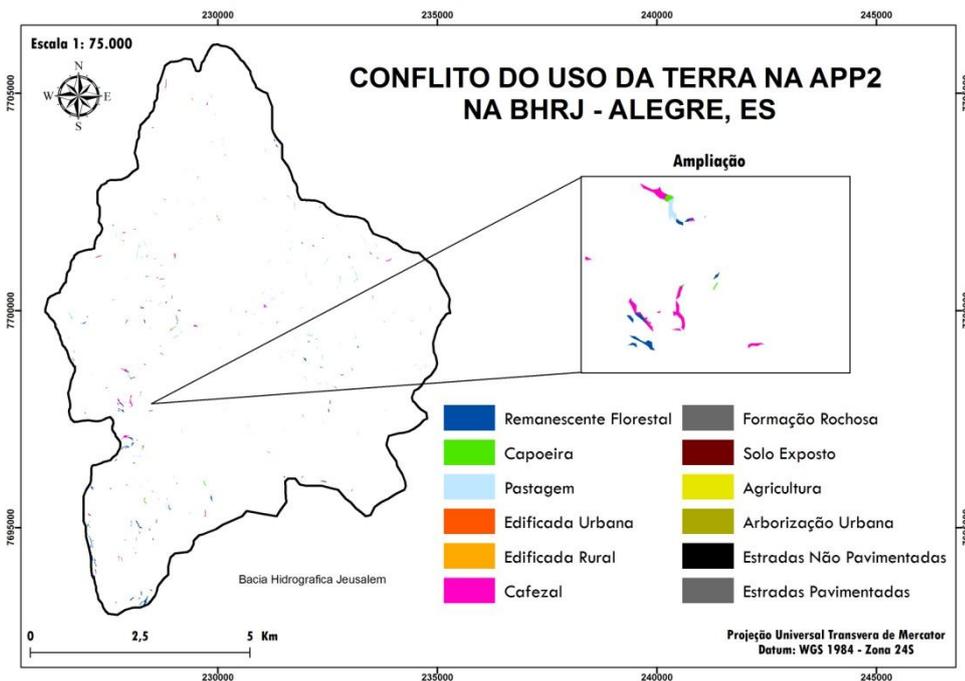


Figura 17 Conflito do uso da terra na APP2 na BHRJ, Alegre – ES.

4.2.3. Conflito do Uso da Terra na APP3

A Figura 18 (p. 67) traz a APP3 que são as áreas do entorno das nascentes. Essas áreas apresentam grande importância a respeito da vida útil dos rios por ela abastecido, uma vez que sem a proteção adequada em torno

da mesma nota-se um processo de degradação do rio por ela abastecido. São 87 nascentes que ocupam uma área de 0,70 Km², que representam 1,03% da área total da BHRJ. Existe nesta APP 0,15 Km² (21,42%) de Remanescentes Florestais, outros 0,10 Km² (14,28%) da classe Cafezal e 0,08 Km² (11,43%) por Capoeiras. A principal atividade indevida nessa APP é novamente a Pecuária com 0,35 Km², ou seja, 50% da área de preservação com uso para pastoreio.

Cabe destaque aos impactos ambientais por se tratar da área onde o lençol freático encontra vazão pelo afloramento no perfil do solo. O pisoteio constante do gado causa compactação do solo, tornando essa área menos permeável a vazão de água, e em casos extremos cessar completamente o jorrar d'água. Outro agravante é a contaminação biológica pelos excrementos dos animais, principalmente quando a água é consumida na propriedade.

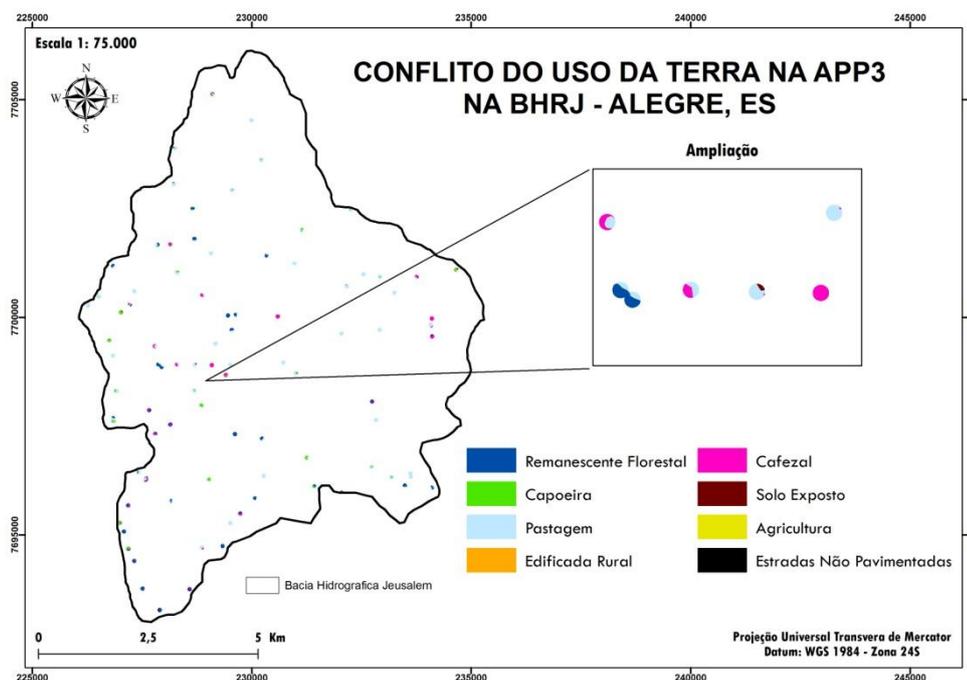


Figura 18 - Conflito do uso da terra na APP3 na BHRJ, Alegre – ES.

4.2.4. Conflito do Uso da Terra na APP4

Em que pesem as diversas críticas sobre o empirismo na definição das faixas estabelecidas no Art 2º do Código Florestal para as matas ciliares, na realidade, existem diversos modelos na literatura internacional e alguns

estudos no Brasil, que apesar de apresentarem significativas variações no resultado, acabam por indicar ser tecnicamente coerente a largura mínima de 30 (trinta) metros ali estabelecida. Não se admitindo em nenhuma hipótese faixas com larguras inferiores a 30 m, sob pena de sérios comprometimento em relação a qualidade e quantidade de água dos mananciais. (ANA, 2010)

A mata ciliar tem importância vital no controle da erosão nas margens do rio e na qualidade da água, evitando o carreamento direto para o ambiente aquático de sedimentos, nutrientes e produtos químicos provenientes das partes mais altas do terreno. Essas matas têm também um papel estratégico na conservação da biodiversidade devido ao fluxo gênico ocorrente nessas áreas

A Figura 19 apresenta a APP4 referente às margens dos cursos d'água que é a segunda categoria em representatividade de área de preservação. São 7,45 km² ou 10,97% da área total da BHRJ.

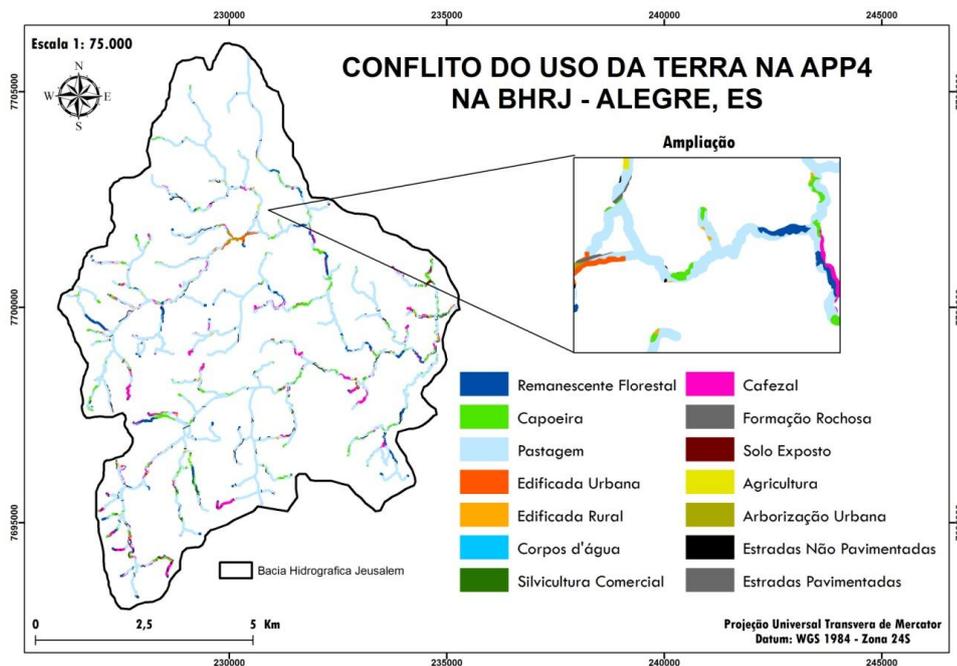


Figura 19 - Conflito do uso da terra na APP4 na BHRJ, Alegre – ES.

Em relação às incongruências do uso da terra verificou-se que 5,52 Km² (76,78%) desta área estão ocupados pela classe Pastagem. Citam-se aqui os mesmos impactos descritos para a APP3, mas cabe destacar um argumento que foi levantado durante a pesquisa - de que seria um direito ao proprietário

permitir que os animais tenham acesso ao curso hídrico para sedentação – porém, há um equívoco no entendimento do código florestal, em seu artigo 7º alterado na Medida Provisória nº 2.166-67/2001 que diz “É permitido o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente, para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção a longo prazo da vegetação nativa” (BRASIL, 2001).

Portanto, fica bem definido que este acesso não pode causar dano ambiental à vegetação nativa, sem contar a erosão de suas margens contribuindo ao processo de assoreamento do curso hídrico.

A classe Remanescente Florestal ocupa 0,42 km² (5,64%), posicionando-se abaixo das classes Capoeira com 0,59 Km² (8,05%) e Cafezal com 0,47 Km² (6,71%) da área da APP4

Em relação a ocupação por edificações a classe Edificada Urbana tem 0,05 km² (0,67%) e a Edificada Rural 0,1 km² (1,34%) da área desta categoria de APP. Apesar do inexpressivo resultado comparado as outras classes, atenção deve ser dada, pois estas classes são altamente impactantes em consequência do lançamento direto de esgotamento doméstico no curso d'água e sujeitas a enchentes quando de ocorrência de precipitações elevadas, podendo causar sérios danos materiais e riscos aos ocupantes destas edificações.

Outra classe que apresentou valor relevante foi a Estrada Não Pavimentada com 0,24 Km² (3,22%) do uso indevido na APP4.

4.3. CONFLITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS CLASSES DE USO NA BHRJ

Os resultados mostram que o modelo inadequado de desenvolvimento e de intervenção institucional, as atividades econômicas mal orientadas e a degradação ambiental descontrolada estão levando a área a um rápido processo de colapso sócio-econômico e ambiental.

O antropismo³ que têm maior impacto é de longe a bovinocultura, do total de 44,53 km² mapeados na classe Pastagem 18,78 km² (42,18%) ocorrem em APP. Dados da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do Espírito Santo (SEAG) confirmam valores idênticos para a região Sul e do Caparaó Capixaba, 42 e 43% respectivamente de áreas ocupadas com essa atividade (SEAG, 2008).

A segunda atividade com maior colaboração no somatório do antropismo é a Cafeicultura que tem 9,39 Km² (13,82%) de área cultivada na BHRJ e destes 3,20 km² (34,07%) ocorrem nas áreas protegidas. E por fim a classe Estradas Não Pavimentadas é a terceira em magnitude com 0,41 Km² (0,6%) de uso indevido nas APP na BHRJ.

Para as classes consideradas do Sistema Fito-fisionômico a classe Remanescente Florestal tem 4,44 km² (65,16%) ocorrendo na APP e outros 2,38 Km² que estão dispersos na área da bacia, podendo ser considerados como áreas de Reserva Legal. A classe Capoeira ocupa 3,35 Km² da área da bacia, sendo 1,49 km² (44,47%) situados na APP.

Um dos trabalhos que muito colaboraram para o amadurecimento dessa pesquisa foi desenvolvido por Oliveira (2005) e intitulado: "Impacto econômico da implantação de APPs na bacia do rio Alegre". O autor concluiu que a contribuição mensal líquida de cada hectare de APP desmatado à economia da região é de apenas R\$ 10,83 e que para gerar uma renda equivalente à época de R\$ 300,00 (salário mínimo) seriam necessários 28 ha de terra para obter esta quantia. A importância desse estudo relaciona-se a extensão das áreas destinadas ao uso da terra no município de Alegre com pecuária extensiva e produção de café. Essas áreas possuem grande representatividade territorial e da utilização de práticas agrícolas não conservacionistas adotadas, que somadas às condições de declividade acentuada em que são encontradas, condicionam processos de degradação ambiental com magnitudes importantes. Assim, o manejo inadequado gera efeitos negativos como degradação física do solo, degradação da matéria orgânica, menor capacidade de infiltração da

³ Antropismo, no "sensu lato", significa todas as alterações provocadas ao meio ambiente resultantes da ação do homem.

água, erosão, assoreamento dos rios e falta de água nos mananciais de abastecimento.

O resultado do citado estudo vem corroborar na afirmação que sem dúvida alguma a imposição da legislação ambiental referente às APP não inviabilizará economicamente a produção agropecuária da BHRJ, muito pelo contrário, devido à melhoria ambiental essa adequação trará benefícios diversos a toda a sociedade alegreense, principalmente no que concerne a quantidade e qualidade da água destinada ao abastecimento do núcleo urbano da sede municipal.

4.4. PERDA DE SOLO

4.4.1. Estimativa da Perda de Solo na BHRJ

A perda de solo média estimada na BHRJ foi de 58,03 t/ha/ano conforme Figura 20. Calculando-se o valor total médio de perda de solo para a área da BHRJ esse foi de 394.139,76 t/ano.

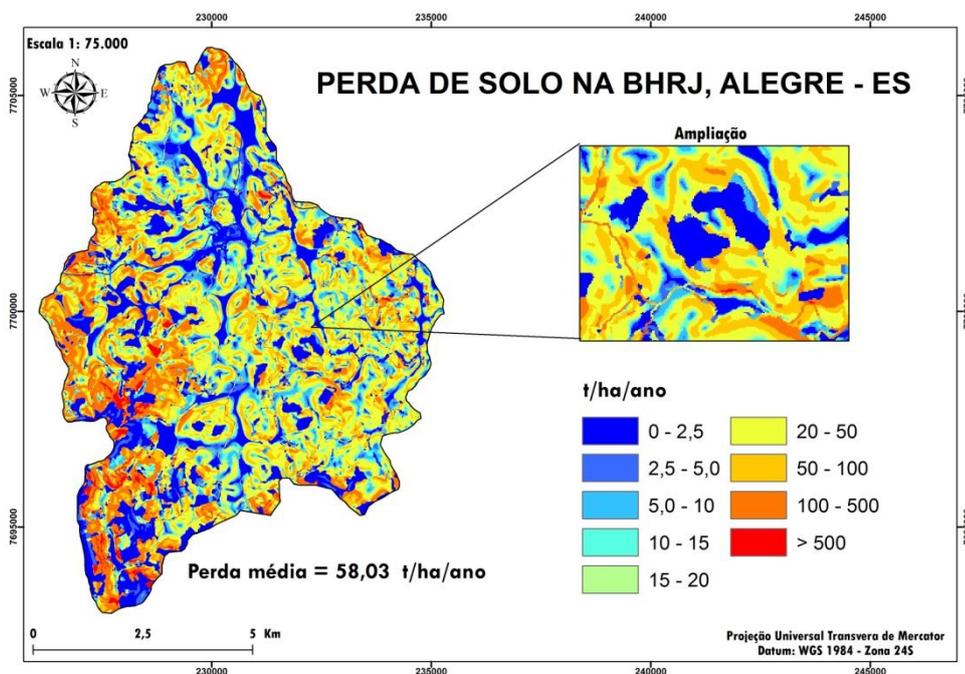


Figura 20 – Perda de solo na BHRJ, Alegre – ES.

Buscando-se dar mais confiabilidade ao resultado da estimativa da perda de solo na BHRJ foram avaliados também dados do parâmetro turbidez disponibilizados pelo SAAE referentes ao ano de 2008 e 2009 contido no “Relatório Mensal da Estação de Tratamento de Água de Jerusalém”, que confirmaram esse arraste de sedimentos para os cursos hídricos.

A Figura 21 apresenta valores mensais do parâmetro turbidez para a água coletada na barragem de captação, no período avaliado. Os valores mais elevados ocorreram nos meses referentes ao período das chuvas (outubro a março) com valor médio de 21,55 UTN (Unidade Nefelométrica de Turbidez), tendo como pico o valor de 91,5 UNT no mês de janeiro de 2008, que é mais que o dobro permitido para água Classe 1 de acordo com o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em que os valores de turbidez não devem ultrapassar 40 UTN.

Para os meses de estiagem (abril a setembro) o valor médio de turbidez foi 11,6 UTN, praticamente a metade comparada aos meses de maior precipitação, tendo como valor mínimo 6,2 UTN referente ao mês de julho de 2008.

Comparando-se o valor máximo de turbidez com o valor mínimo este será 15 vezes superior, prova incontestável que existe arraste de partículas para os corpos hídricos decorrentes da baixa cobertura do solo e de práticas inadequadas de manejo da terra na BHRJ.

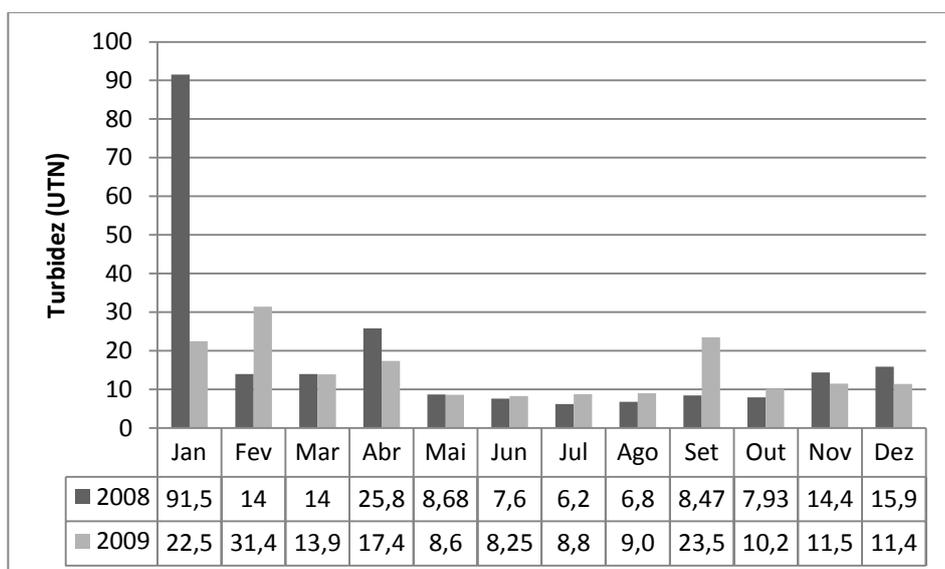


Figura 21– Valores de turbidez mensal na ETA. (Fonte: SAAE)

Esse arraste em maior magnitude acarreta uma série de medidas de forma a fazer com que a água de abastecimento tenha um padrão aceitável de potabilidade. Um primeiro impacto é na necessidade de utilizar quantidades maiores de produtos químicos como o Sulfato de Alumínio e Cloro. Um segundo impacto é na diminuição da vida útil de tubulações e equipamentos (bombas, filtros, etc), decorrente do maior desgaste por conta da abrasividade que a água apresenta. Pode-se ainda citar a redução no período de limpeza de filtros e tanques decantadores pelo acúmulo de particulados e o retrabalho que essas limpezas acarretam em intervalos cada vez menores.

Tudo isso certamente gera um **custo extra** no processo - que poderia ser evitado - e que no fim, é repassado para a sociedade na forma de cobrança nas contas de água e na destinação de orçamentos maiores de verbas públicas para o SAAE, via gestão municipal.

Exemplo da possibilidade de escassez de água devido a falta de políticas públicas de planejamento e preservação de bacias hidrográficas é relatado por Nunes (2011) para a RMGV onde o custo de tratamento de água nos últimos 15 anos dobrou em virtude da poluição e dos resíduos que são carregados para os rios Jucu e Santa Maria da Vitória por consequência do desmatamento nessas bacias, havendo inclusive em algumas circunstâncias a suspensão dos serviços devido a inviabilidade do tratamento de água. Por conta da iminente escassez de água para o abastecimento urbano da RMGV, a CESAN prevê que em menos de 20 anos será necessário captar água do rio Doce distante 80 km da capital. Estimam-se investimentos em torno de 120 milhões de reais para assegurar o abastecimento de água na RMGV.

4.4.2. Estimativa da Perda de Solo nas APP

A Figura 22 (p. 74) apresenta o mapa da perda de solo para o conjunto das APP da BHRJ. O valor médio de perda de solo foi 46,68 t/ha/ano e o total estimado (com base nessa média) de 139.479,84 t/ano para as APP. Essa informação é extremamente preocupante, pois essas áreas deveriam apresentar valores mínimos de perda de solo, no entanto devido ao uso em conflito com o preconizado na lei, estão sujeitas a atividades impactantes e

causam danos ao ecossistema e principalmente aos mananciais que compõem o sistema de abastecimento de água da sede do município de Alegre.

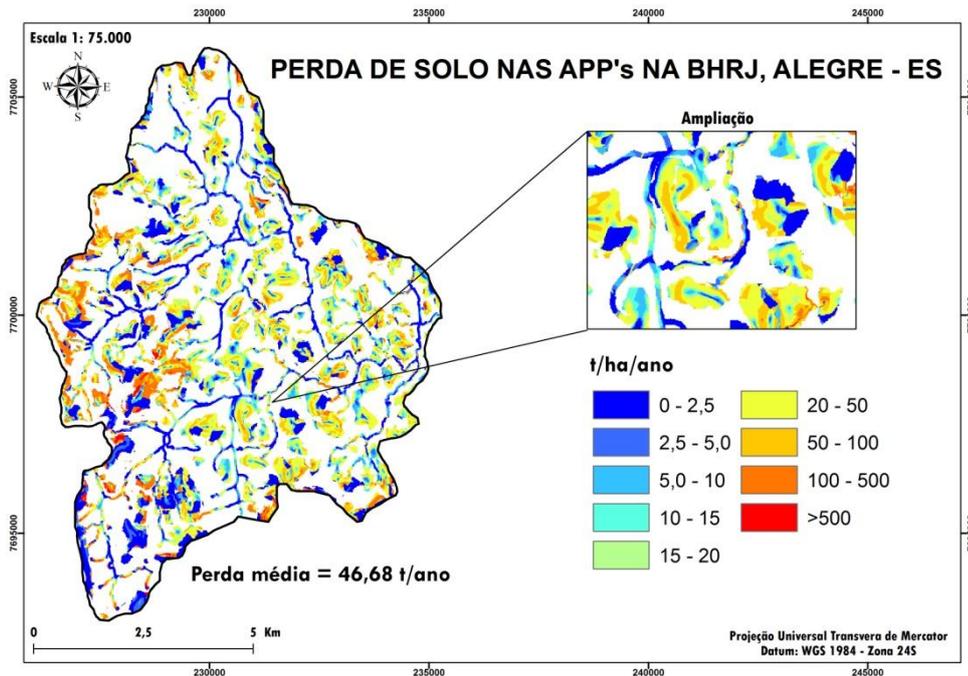


Figura 22 – Perda de solo nas APP na BHRJ, Alegre – ES.

A seguir na Figura 23 (p. 75) observa-se as estimativas de perdas de solo nas quatro categorias de APP estudadas, a começar pela **APP1** que apresentou os maiores valores de perda de solo, tendo valor máximo de 3.344,83 t/ha/ano destacadas no mapa na coloração vermelha.

O valor médio estimado de perda de solo nessa categoria foi de 57,07 t/ha/ano e o total de 122.072,73 t/ano nesta APP.

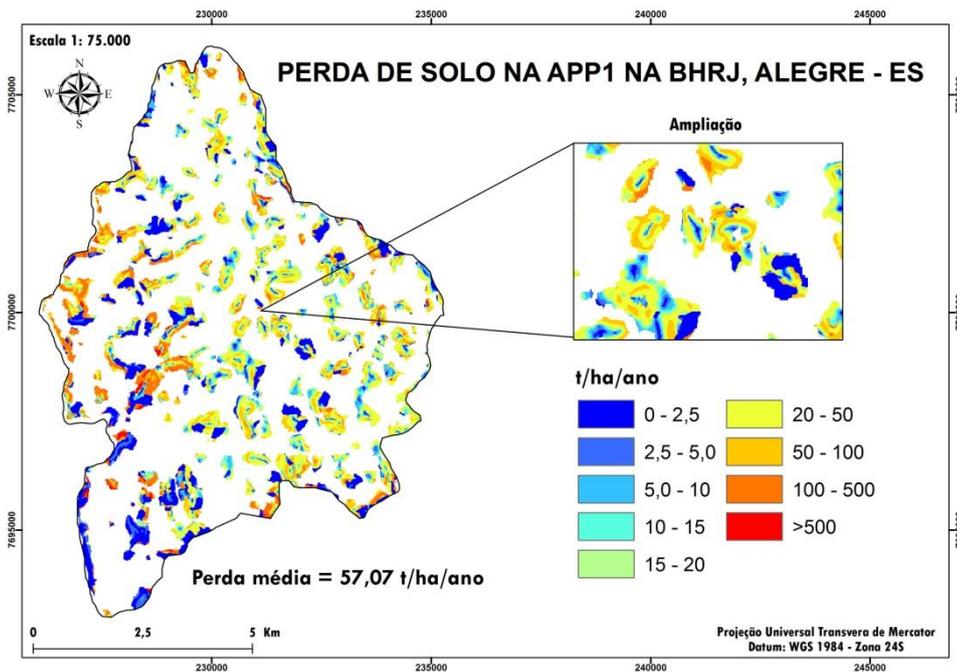


Figura 23 – Perda de solo na APP1 na BHRJ, Alegre – ES.

A APP2 tem valor médio estimado de perda de solo de 82,98 t/ha/ano e valor máximo de 2.155,66 t/ha/ano. A estimativa de perda total de solo nessa APP foi de 2.821,32 t/ano. A Figura 24 apresenta o mapa de perda de solo para essa APP..

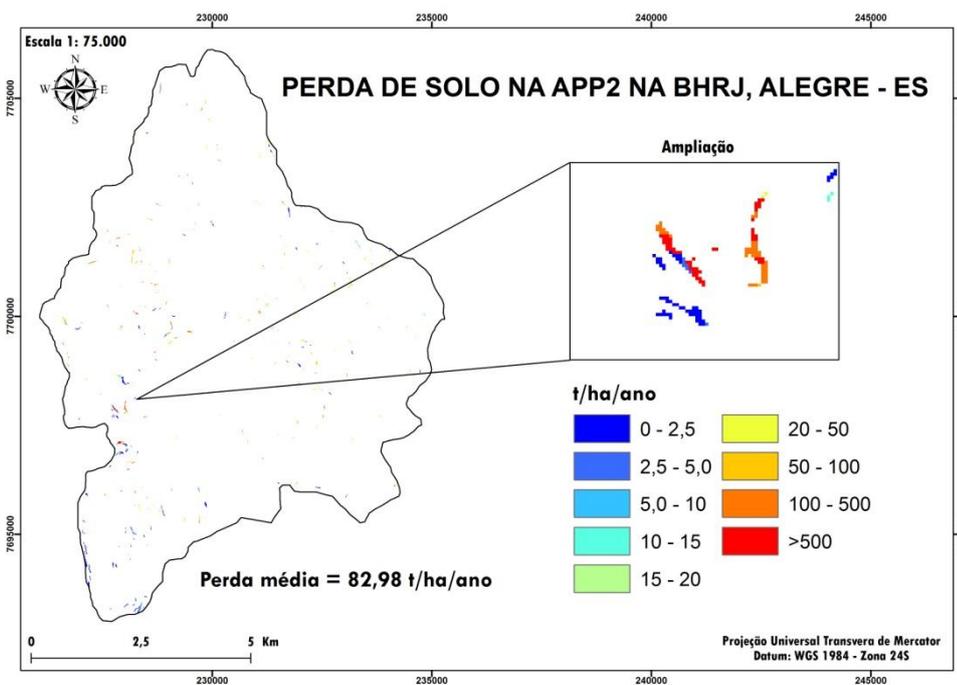


Figura 24 – Perda de solo na APP2 na BHRJ, Alegre – ES.

Para a APP3 (Figura 25) o valor médio de perda de solo foi de 68,45 t/ha/ano e o valor máximo de 2.519,91 t/ha/ano. Essa APP apresentou valor estimado total de perda de solo de 4.791,50 t/ano. Os resultados advertem para medidas de proteção e recuperação dessas áreas, pois deveriam caracterizar-se pela intocabilidade, no entanto percebe-se que as nascentes estão em processo recorrente de degradação devido as perdas de solo apresentadas.

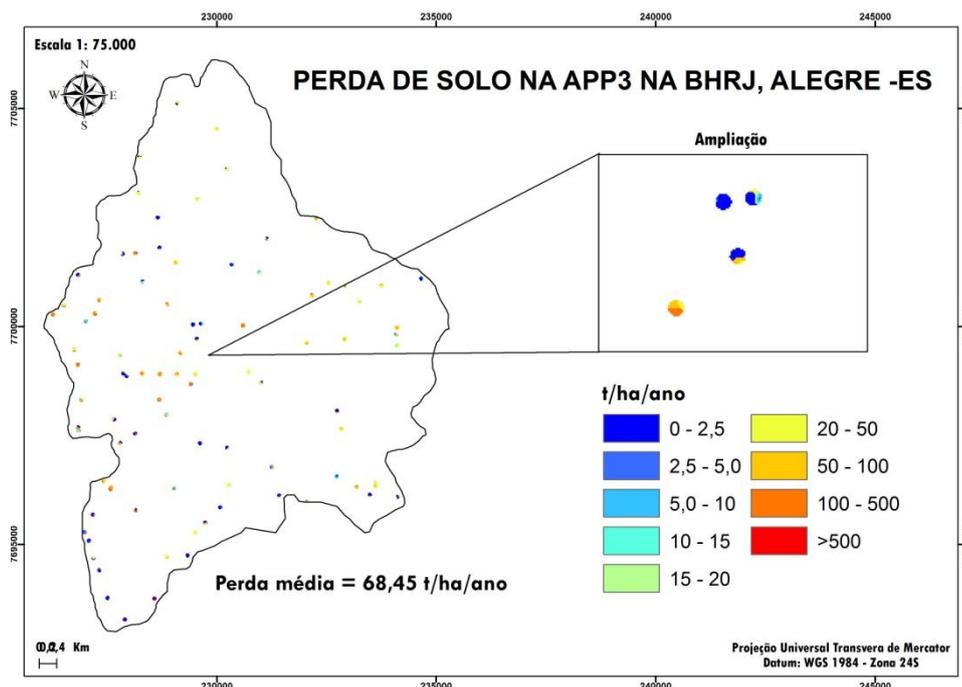


Figura 25 – Perda de solo na APP3 na BHRJ, Alegre – ES.

Por fim, a APP4 representada na Figura 26 (p. 77) referente às margens de cursos hídricos teve valor médio de perda de solo de 30,61 t/ha/ano e valor máximo de 2.162,44 t/ha/ano. Estimando-se a perda total de solo nessa APP o valor resultante foi de 22.804,45 t/ano. Esse resultado traz como reflexão pois essa área é naturalmente acumulativa de nutrientes por conta do relevo menos declivoso e da proteção que a mata ciliar exerce, porém se existe uma perda significativa nessa área, a de se esperar que esse processo de acúmulo de nutrientes não esteja ocorrendo, ou se ocorre é de maneira deficiente. Portanto, devem-se estabelecer medidas de contenção para evitar essa perda de solo e respectivamente de nutrientes.

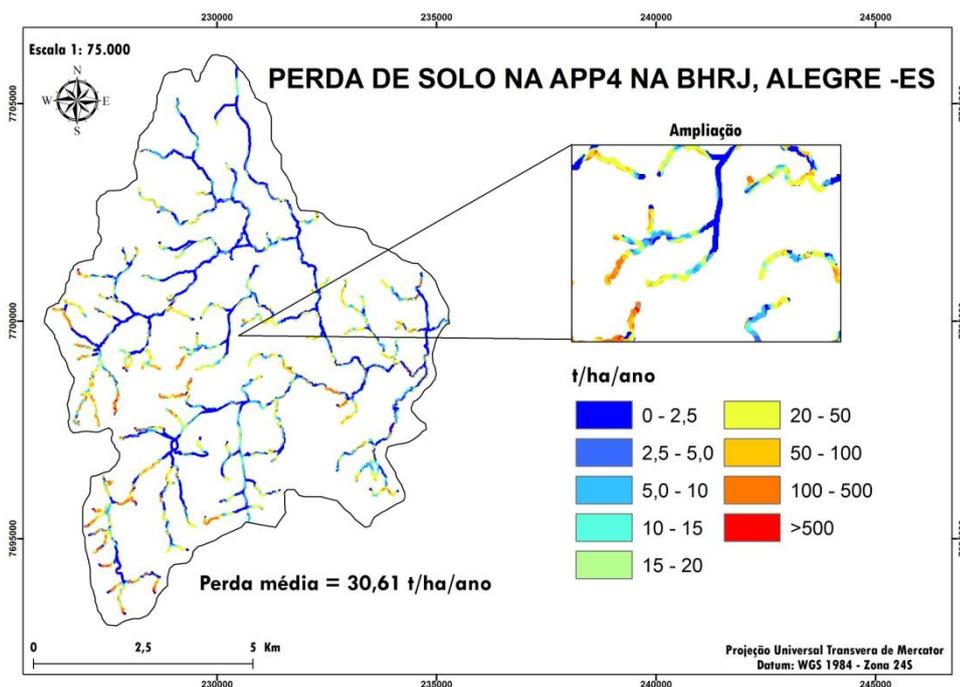


Figura 26 – Perda de solo na APP4 na BHRJ, Alegre – ES.

A Tabela 7 apresenta a síntese dos valores (média, máxima e total) de perda de solo nas APP na BHRJ. Destaque para o resultado de perda total na APP1 (topo de morro), que identifica esta APP como a de maior contribuição (80,05%) tornando-a prioritária para recuperação florestal na BHRJ.

Tabela 7 – Estimativa da perda de solo nas APP na BHRJ

Categorias de APP	Média (t/ha/ano)	Máxima (t/ha/ano)	Área (ha)	Total (t/ano)	Total (%)
APP1	57,07	3.344,83	2139	122.072,73	80,05
APP2	82,98	2.155,66	34	2.821,32	1,85
APP3	68,45	2.519,91	70	4.791,50	3,14
APP4	30,61	2.162,44	745	22.804,45	14,95

4.4.3. Estimativa da Perda de Solo nas Classes de Uso da Terra

A qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso da terra na bacia e com o grau de controle sobre as fontes poluidoras. Dessa forma detalharemos nessa seção os valores (média, máxima e total) das estimativas de perda de solo nas classes

do uso da terra que apresentam significância no processo de escoamento superficial. A Tabela 8 e a Figura 27 auxiliam na visualização desses valores.

Tabela 8 – Estimativa da perda de solo nas classes de uso da terra na BHRJ

Classes	Média (t/ha/ano)	Máxima (t/ha/ano)	Área (ha)	Total (t/ano)	Total (%)
Pastagem	34,857	3.346,676	4.453,728	155.243,596	38,91
Cafezal	151,308	3.038,864	939,862	142.208,639	35,64
Estradas ã pavimentadas	341,040	3.344,831	177,786	60.632,137	15,19
Solo Exposto	500,745	3.656,808	67,009	33.554,421	8,41
Capoeira	8,815	1.982,318	335,053	2.953,492	0,74
Remanescente Florestal	2,965	2.399,967	682,44	2.023,434	0,50
Agricultura	114,352	1.097,573	12,266	1.402,641	0,35
Silvicultura Comercial	193,459	726,766	4,60	889,911	0,22
Arborização Urbana	9,712	35,538	5,150	50,016	0,01

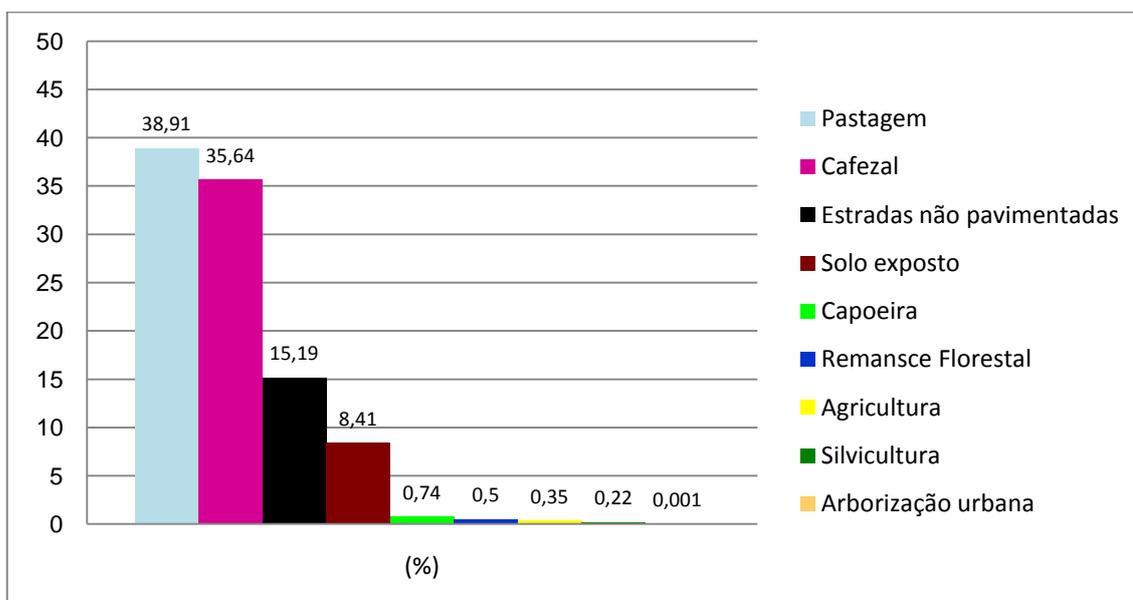


Figura 28 – Percentuais das estimativas da perda de solo nas classes de uso da terra na BHRJ.

Como verificado na Tabela 8 e Figura 28 os valores da estimativa de perda de solo total nas classes **Pastagem** com 155.243,596 t/ano (38,91%) e **Cafezal** com 142.208,639 t/ano (35,41%) apresentaram magnitude superior a todos os outros usos da terra na BHRJ, mostrando que essas classes nos moldes atuais de baixo nível de manejo são as principais contribuintes no processo de liberação de partículas sólidas para os cursos hídricos. Outra classe com valor significativo foi a classe **Estradas Não Pavimentadas** com

60.632,137 t/ano (15,19%) de perda de solo na BHRJ. Esta classe também apresentou o segundo maior valor médio com 341,04 t/ha/ano, sendo inferior apenas aos valores médios da classe **Solo Exposto** com 500,745 t/ha/ano.

Comprovando-se a eficiência da manutenção das áreas de floresta para o controle da perda de solo a classe **Remanescente Florestal** apresentou os menores valores médios de perda com 2,96 t/ha/ano. Esse resultado não deixa dúvida da necessidade de ações de recomposição florestal na BHRJ, principalmente nas APP.

Projetando-se esta tendência para todo o município de Alegre, que apresenta o mesmo padrão do uso e ocupação da terra inclusive com percentuais muito similares conforme Oliveira (2005) detalhou em seu estudo, têm-se um quadro preocupante do modelo atual de ocupação territorial.

Outro agravante é que essa realidade não é exclusiva dos Alegrenses, segundo a SEAG (2008) em toda a região sul do Espírito Santo e do Caparaó predominam os mesmos usos da terra, o que mais uma vez vêm a estabelecer a urgência de ações para a mudança desse padrão impactante de ocupação territorial, que tem suas raízes ainda no período do colonialismo brasileiro e matem-se até a atualidade.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, a partir do estudo das características físicas e hidrológicas permitiram concluir que a BHRJ possui área de 67,92 Km²; perímetro de 41,4 Km; forma mais alongada; baixa densidade de drenagem; tendência mediana a grandes enchentes e solos apropriados a florestas e silvicultura.

Conclui-se também que a utilização de Sistema de Informação Geográfica (**SIG**) proporcionou praticidade e eficiência no diagnóstico físico conservacionista, principalmente na identificação e delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP), no estudo do uso da terra e suas incongruências, além da estimativa de perda de solo pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

O total da área destinada às APP é de 29,88 km², está representa 43,99% da área da bacia, contudo 84,2% dessa área apresenta algum tipo de uso conflitante. Desconsiderando a classe Remanescente Florestal, supondo que deveria estar efetivamente com vegetação nativa preservada, é necessária a recomposição de 25,44 km² que atualmente suportam outras atividades que não a estabelecida pela legislação florestal.

Entre as categorias de APP, a maior redução em área de vegetação nativa ocorreu na APP4 (margens de curso d'água) com redução de 94,36% e a que menor impacto sofreu foi a APP2 (encostas com declividade > 45°) que mantém 26,47% de sua área com vegetação nativa.

A classe de uso da terra predominantemente é a Pastagem que ocupa 44,53 km² (65,57%) da área da BHRJ, sendo 18,78 km² (42,18%) ocorrendo em APP. A cafeicultura representa a segunda atividade mais conflitante com 3,2 Km² ou 10,7% de uso indevido. Entre as demais classes de uso da terra destaque para as classes Edificação rural e Edificação urbana que apresentam 93% das edificações exatamente nas regiões de mata ciliar, ou seja, em risco iminente de inundações quando de precipitações mais elevadas, devido ao leito de inundação dos cursos hídricos.

A estimativa da perda de solo revelou que a perda média total na BHRJ foi 394.139,76 t/ano e nas APP de 139.479,84 t/ano.

Na avaliação das estimativas de perdas de solo nas quatro categorias de APP estudadas a APP1 (topo de morro) teve a maior perda média total, registrando-se 122.072,73 t/ano nessa categoria e a APP2 (nascentes) o menor valor médio total com 2.821,32 t/ano.

Para a estimativa nas classes de uso da terra as classes Pastagem e Cafezal foram as que maior contribuição apresenta no aporte de sedimentos para os cursos hídricos na bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém.

Em relação ao diagnóstico conservacionista constatou-se a presença de quatro categorias de problemas na BHRJ:

1) degradação dos solos, devido ao uso para finalidades que extrapolam a capacidade de sustentação do sistema, sobretudo nas áreas de pecuária e cafeicultura;

2) degradação dos cursos hídricos, devido ao uso inadequado das áreas marginais e das planícies de inundação - drenagem de brejos, aterros -, intervenções com obras de engenharia insuficientemente estudadas, principalmente na abertura/manutenção/construção de estradas;

3) degradação dos remanescentes florestais pela fragmentação e exploração não sustentável da vegetação;

4) ocupação e adensamento de núcleos populacionais em APP, principalmente nas áreas marginais dos cursos hídricos, ocasionando vulnerabilidade à enchentes, processos erosivos e assoreamento.

Essa realidade é explicada pelas simulações de erosão e incongruências no uso do solo na BHRJ, extrapolando sua capacidade de resiliência e ocasionando degradação na maior parte das áreas agrícolas indicando que as práticas conservacionistas não caracterizam uma realidade nesta unidade.

Soma-se a essa realidade a omissão do poder público nas questões de ordem legal e social, e principalmente a falta de políticas de conservação do meio ambiente, com os conhecidos problemas de carência de recursos humanos e financeiros, além da falta de coordenação e integração institucional.

Cabe ao município a proteção dos mananciais no que se refere ao disciplinamento do uso e ocupação da terra, além da promoção de condições a formação do Comitê de Bacia (CBH), celebrando assim a participação

democrática de toda a sociedade nos processos decisórios vinculados aos recursos hídricos.

A educação ambiental é sem dúvida a ferramenta chave para formar cidadãos cientes e participativos. Acredita-se que com os produtores rurais sensibilizados ambientalmente estes se tornaram agentes de transformação na BHRJ.

Faz-se necessário e urgente, prover recursos e mecanismos de implantação de atividades de recuperação florestal, pois do contrário pouco mudará o percentual de cobertura florestal na BHRJ.

O município de Alegre tem especificidades que o condicionam a realizar uma mudança não apenas na paisagem da BHRJ, mas principalmente na forma da sociedade lidar e solucionar problemas ambientais, está presente no município o Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), ou seja, duas das mais importantes instituições de conhecimento científico agrário do Estado do Espírito Santo.

Se nós cientistas somos a vanguarda, cabe-nos tal missão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, F. D. R. **Uso de análise emergética e sistema de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas.** Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

AHRENS, S. **O “novo” código florestal brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais.** Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/26462-26464-1-PB.pdf>> Acesso em: 04 de maio de 2011.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. **Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 19, p.127-132, 1995.

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.

AMARAL, N. D. **Noções de Conservação do Solo.** 2.ed. São Paulo: Nobel, 1984.118p.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. In: PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e da água.** Viçosa, Ed. UFV, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Nota Técnica nº 045/2010-SIP-ANA de 25 de junho de 2010.** Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/Imprensa/Publicacoes.aspx>>. Acesso em: 07 de jun. 2011.

ARAUJO JR. G. J. L. D. **Aplicação dos Modelos EUPS e MEUPS na bacia do Ribeirão Bonito (SP) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** São José dos Campos, INPE, 1997, 122p.

ARES. **Atlas das áreas com potencial de riscos do Estado do Espírito Santo.** Vitória: Imprensa Estadual, 2006, 125p.

ASSIS JÚNIOR, S. L. de et al. **Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada.** Revista. Árvore, Viçosa- MG, v.27, n.1, p.35-41, 2003.

BACHA, C. J. C. **Eficácia da política de reserva legal no Brasil.** Revista Teoria e evidência econômica, Passo Fundo, nov. 2005.

BACHA, C. J. C.; GONZÁLEZ, M. V. **As políticas florestais do Brasil e Paraguai.** Revista Teoria e Evidência Econômica, Passo Fundo, v. 14, n. 28, maio 2007.

BARACUHY, J. G. de; KURTZ, S. M. de J. M.; KURTZ, F. C.; DUARTE, S. M. A.; LIMA, V. L. A. de; ROCHA, J. S. M. da; NETO, J. D. **Deterioração físico-**

conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.1, p.159-164, 2003.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. **Práticas de conservação do solo. Belo Horizonte.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.11, n.128. p.55-69, ago. 1985.

BENJAMIN, A. H. V. **Desapropriação, reserva florestal legal e áreas de preservação permanente.** REVISTA CEJ. Conselho de Justiça Federal. Brasília, DF. v.1, n.3, set./dez., 1997. p.33-41. Disponível em: <<http://www2.cjf.jus.br/ojs2/index.php/cej/article/view/127/170>>. Acessado em: 23 de abril de 2010.

BERTOL, I.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. **Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.13, p. 373-379, 1989.

BERTOL, I. **Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de culturas.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.18, p. 267-271, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba: Livroceres, 1985. 368p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo: Ícone, 1995. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** 5 ed. São Paulo: Ícone, 2005.

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, n. 2, 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 Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o Novo Código Florestal Brasileiro.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e da outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.803, de 15 de agosto de 1989.** Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL. **Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm>. Acesso em 25 de jun. 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009.** Disponível em:<http://www.fetagr.org.br/nx/download/pol_agricola/IN%205-MMA-8-9-2009-recuperacao%20APP%20e%20RL.pdf>. Acesso em 05 jun. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema nacional de unidades de conservação da natureza (SNUC): lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002.** 5 ed. Aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O corredor central da mata atlântica: uma nova escala de conservação da biodiversidade.** Parc.: Ministério do Meio Ambiente / Conservação Internacional / Fundação SOS Mata Atlântica. Brasília, 2006, 46p.

BRASIL. **Medida provisória n.º 2166, de 2001.** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 26 março de 2011.

CALHEIROS, R. de O.; et al. **Preservação e Recuperação das Nascentes.** Piracicaba. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios: PCJ - CTRN, 2004.

CAMPANHARO, W. A. **Diagnostico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce, ES.** (Monografia - Graduação) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. 66p. : il.

CARADORI, R. C. **O Código Florestal e a legislação extravagante: A Teoria e a Prática da Proteção Florestal.** São Paulo: Atlas, 2009. 238p.

CARDOSO, C. A. **Caracterização morfométrica e hidrológica de um fragmento de Mata Atlântica no município de Nova Friburgo, RJ.** UFV – Viçosa, Minas Gerais. 2005.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, V.M. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ.** Revista *Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e Conservação de Nascentes.** Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CÉZAR, P. B.; OLIVEIRA, R. R. **A Floresta da Tijuca e a cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1992.172p

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced-roughness, and slope lenght on erosion and related parameters.** West Lafayette, Purdue University, 1981. 346p. (Tese de Doutorado).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008.** 2 ed. Brasília: Conama, 2008. 928p. In: Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. p. 89-91. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

CORRÊA C. M. C.; DEDECEK R. A. **Erosão real e estimada através da RUSLE em estradas de uso florestais, em condições de relevo plano a suave ondulado.** FLORESTA, Curitiba, PR, v.39, n.2, p.381-391, abr./jun. 2009.

COSTA, A. L. C. da, **Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda do Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING. Rio Claro, SP.** (Dissertação Mestrado) – Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 2005.

COSTA, T. C. C., SOUZA, M. G., BRITES, R. S. **Delimitação e caracterização de Áreas de Preservação Permanente por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).** Revista Árvore. Viçosa, MG, v.20, n.1, p. 129-135, 1996.

COUTINHO, L. M. **Impacto das áreas de preservação permanente sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo-ES.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2010.

DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS – DIREH. **PLANO DE MANEJO DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEIXE BOI, PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARÁ.** Belém, PA, 2009.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; GUERRA, M. & ABRÃO, P. U. R. **Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) sob chuva natural.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, n.8, p.245-249, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ), **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, EMBRAPA, Produção de Informação, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 412p.

ESPÍRITO SANTO. **Lei Estadual nº DECRETO Nº 2271-R, DE 05 DE JUNHO DE 2009.** Dispõe sobre a manutenção, recomposição e compensação da área de Reserva Legal dos imóveis rurais no Estado e dá providências. <<http://www.idaf.es.gov.br/Download/Legislacao/DRNRE%20-%20DECRETO%20N%C2%BA%202271%20DE%2005%20DE%20JUNHO%20DE%202009.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2011.

ESRI. 2005. **ArcGIS versão 9.3.**

FERNANDES, M. R. e SILVA, J. C. Programa **Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias - Belo Horizonte: EMATER-MG**. 1994. 24p.

FERRETI, E. R. **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC da Bacia do Rio Marrecas – Sudoeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Geologia – UFPR, 1998.

FILHO, V. M. et al. **Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/x5362s/x5362s02.htm>. Acesso em: 27 dez. 2010.

GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT 2005 In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/site/fra/em>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

FRANCO, F. S. et al. **Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais**. Revista. Árvore, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

GARCIA, M. J. L. & CAMARASA, A. M. **Use of geomorphological units to improve drainage network extraction from DEM – Comparision between automated extraction and photointerpretation methods in the Carraixet catchment (Valencia, Spain)**. JAG, n. 3-4: 1999. p.187-194

GONZÁLES, M. V.; BACHA, C. J. C. **As políticas florestais do Brasil e Paraguai**. Revista Teoria e evidência econômica. v.17, n.28, p.37-56, Passo Fundo, 2007.

GRANDO, A. et al. **Avaliação da perda de solos na área de reflorestamento de *pinus taeda* com modelo rusle: estudo de caso de rio Negrinho/SC**. VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Porto Alegre, SC. 2006.

GUARIZ, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira – Alegre, ES**. UFES, 153f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade federal do Espírito Santo. Alegre/ES. 2008.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. C. **A erosão e seu impacto**. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Org.) **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. p.47-60.

HORTON, R.E., 1932. **Drainage Basin Characteristics**. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. **Método para a Determinação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélites, 2004. 32p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélites. Documentos, 34).

ICEPA. **Avaliação do Projeto Microbacias: Análise comparativa do plantio direto frente ao sistema convencional de manejo do solo em sistemas de produção de lavouras em Santa Catarina (Relatório de Avaliação Final)**. Florianópolis, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil, escala 1:5.000.000, Projeto Policônica, M.C. = 54° W**. Gr.Brasília, DF: Diretoria de Serviço Geográfico, 1977. 1 CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo populacional 2000**. Rio de Janeiro: IBGE. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2004. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169>. Acesso em: 8.abril.de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa Índice do Brasil**: mapeamento geral do Brasil. Escalas variadas. Projeção Policônica. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: IBGE; Brasília, DF: Diretoria de Serviço Geográfico, 2004b. 1 CD-ROM.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <http://www.incaper.es.gov.br/?a=noticias/2010/julho/noticias_05_07_2010_2>. Acesso em 23 de julho de 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA DA MATA ATLÂNTICA - IPEMA. **Conservação da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo: cobertura florestal, unidades de conservação e fauna ameaçada**. Vitória, ES, 2004. 52p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/Parapanema**. v.6, Relatório 24. São Paulo: IPT, 1986

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de**

voçorocas urbanas. São Paulo: Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1989.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Perfil Municipal – Caparaó - Alegre. Microrregião Administrativa 12.** Vitória, ES, 2009. 60p. il.

LEVIN, R.; COGO, N. P.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.27, p743-753, 2003.

LIMA, W. de P. **Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas.** Piracicaba: ESALQ, 2008.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B. **Indicadores hidrológicos em áreas florestais.** Série Técnica IPEF, v.12, n.31, 1998.

LINO, Clayton. **Brasil o país da Mata Atlântica.** Textos de divulgação. CN-RBMA. 2002

LINO, C. F. **Águas e florestas da mata atlântica: por uma gestão integrada.** São Paulo, Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2003. 132 p.; 21 cm. (Caderno da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: série políticas públicas, nº 27).

LOPES, P.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. **Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.11, p.71-75, 1987.

LUTZENBERGER, J. **Gaia - O Planeta Vivo.** Porto Alegre: L & PM, 1990,112p.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro.** São Paulo: Malheiros, 2002.

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.

MAGALHÃES, C. S.; FERREIRA, M. A. **Áreas de preservação permanente em uma microbacia.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.1, n.207, p.33-39, nov./dez. 2000.

MAGALHÃES, R. A. **Processos Erosivos e Métodos de Contenção.** Ouro Preto: CEEB, 1995.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão: definições, tipos e formas de controle.** In: 7º SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 2001, Goiânia. Anais. Goiânia: ABGE, 2001.

MANGABEIRA, J. A. de C. **Tipificação de produtores rurais apoiada em imagens de alta resolução espacial, geoprocessamento e estatística multivariada: uma proposta metodológica.** Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, SP, 2002.

MANNIGUEL, A.R.; CARVALHO, M. de P. e; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. **Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo.** Acta Scientiarum. Maringá, v.24, n.5, p.1335-1340, 2002.

MARTINS, S. G. **Erosão Hídrica em Povoamento de Eucalipto Sobre Solos Coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES.** Tese de Doutorado em Agronomia, UFLA, Lavras, 2005, 106p.

MENDONÇA, E. de Sá,. **Diagnóstico e utilização de indicadores de qualidade do solo no monitoramento de áreas degradadas na região sul do Estado do Espírito Santo.** Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Produção Vegetal, Alegre 2009. 22p.

MILANO, M. S. **Mitos no manejo de unidades de conservação no Brasil, ou a verdadeira ameaça.** In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. 2º. Campo Grande. Anais, v.1, 2000.

MITCHELL, J. K.; BUBENZER, G. D. **Soil loss estimation.** In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C. Soil erosion. John Wiley & Sons Ltd., 1980.

MORES, M. (Coord.) **Síntese dos encontros regionais realizados com os municípios do Estado do Espírito Santo / Projeto Corredores Ecológicos.** Cariacica, ES. 2005. 52p; II; 28cm.

MOSCA, A. A. de O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. Piracicaba, SP. 88p. : il.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Revista Nature. 2000

NOVAES, L. F.; AMARAL, L. G. H.; TERRA, A. A. **Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente.** In: XIV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2004, Porto Alegre.

NUNES FILHO, J.; SOUSA, A. R.; MAFRA, R. C. & JACQUES, F. O. **Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico de Serra Talhada (PE).** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.11, p.183-186, 1987.

NUNES, A. **A Tribuna.** Vitória, ES. 24 de abril de 2011.

OLIVEIRA, A. M. S. **Impacto econômico da implantação de áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, município de Alegre, E.S.** 2005. 62f. Dissertação. (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

PACTO MATA ATLANTICA. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br/noticia-completa.aspx?p=67&lang=pt-br>> Acessado em 22 de abril de 2011.

PELLIIZZETTI, M. A. **Análise da aplicabilidade do modelo proposto pela Agência Nacional de Águas (ANA) para compensações financeiras por benefícios ambientais e sua adequação às condições da bacia do Itajaí, SC.** Blumenau: URB, 2007. 125p (Dissertação – Mestrado em Engenharia Ambiental)

PINHEIRO, L. de S.; CABRAL, N. R. A. J. **Níveis de ocupação nas áreas de preservação permanente no entorno da lagoa do Catú, Aquiraz-CE.** II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte-Nordeste de Educação Tecnológica. Anais. João Pessoa-PB, 2007.

PISSARRA, 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 Ciências do Solo, v.28, p.297-305, 2004.

PORTO, M. **Recursos hídricos e saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: Um desafio do tamanho da cidade.** 1 ed. Brasília. 2003. 84p.

PORTO, R. L. L et al. **Hidrologia Aplicada.** Escola Politécnica USP. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. SP:1999.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SF. 23/24, Rio de Janeiro/Vitória, vol. 32. Rio de Janeiro, 1983. 767p.

REDE DE ONGs DA MATA ATLÂNTICA. **Mata Atlântica: uma rede pela floresta.** Org. Ed. Campanili, M.; Prochnow, M. Brasília: RMA, Editoração: Globaltec Produções Gráficas Ltda. 2006, 332p.

RIBEIRO, C. A. A. S et al. **O Desafio da delimitação de áreas de preservação permanente.** Revista Árvore, v.29, n.2, 2005.

RIBEIRO, K. T.; FREITAS, L. **Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude.** Biota Neotropica, v. 10, n 4, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n5/PT/fullpaper?bn04310042010+PT>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

ROCHA, J. S. M.; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 120p. 2001.

ROCHA, J. V. **Gerenciamento de operações agrícolas em sistemas de informações georreferenciadas.** Caderno de Informações Georreferenciadas: revista digital, v.1, n.2, 1996. Disponível em: < <http://www.tipifica.cnpm.embrapa.br/8biblio.php?e=4&node=8-Referências>> Acesso em: maio de 2011.

RODRIGUES, W. et al. **Avaliação econômica da agricultura sustentável: o caso dos cerrados brasileiros.** In: Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v.18, n.3, p.103-130, set/dez 2001.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Alegre -, **Relatórios técnicos da ETA, Alegre, ES.** 2010.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. **Erosão e a ocupação rural e urbana.** In: BITAR, O Y. (Coord.) Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente (Série Meio Ambiente). São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. Documentos, 30.

SANTOS, G. M. A. D. A. Dos; VIANA, W. B. O. **Caracterização ambiental, química e patológica da bacia hidrográfica do ribeirão Jerusalém, Alegre, ES.** 2008. Monografia (Graduação em Farmácia Generalista) Faculdade de filosofia, ciências e letras de Alegre, nov. de 2008.

SÃO PAULO - SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE. **Proposta para discussão do Sistema Estadual de Unidades de Conservação.** SMA, Série PROBIO/SP – Documentos Ambientais, São Paulo, 1998. 266p.

SEAG. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba : novo PEDEAG 2007-2025.** Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. – Vitória : SEAG, 2008. 284p.

SILVA, A. M.; ALVARES, C. A. **Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo.** Geociências, v.24, n.1, p.33-41, 2005.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B de. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2003. 140p.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** 2 ed. São Carlos, RiMa, 2007.

SILVA, A. M. da; MELLO, C. R, de; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. de. **Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica**

de Latossolos no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2008.

SILVA, J. A. A.; et al. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo.** ISBN 978-85-86957-16-1, São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC. 2011. 124 p.

SLONEKER, L. L. & MOLDENHAUER, W. C. **Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage.** J. Soil Water Conservation, v.32, p.231-236, 1977.

SOS Mata Atlântica/INPE: **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Período 2008-2010.** Coord. HIROTA, M. M.; Disponível em: <mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas-relatorio2008-2010parcial.pdf>. Acesso em 02 agosto de 2011.

STEMPNIAK, A.; BATISTA, G. T.; MORELLI, A. F. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente APP na Bacia do Vidoca no Município de São José dos Campos, SP.** II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Anais. Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro 2009, IPABHi.

STHRALER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Trans. American Geophysical Union. 1957.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG.** 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 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, Guanhões – MG.** Revista Árvore, Viçosa/MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4.

VALENTE, O. F. e CASTRO, P. S. **Manejo de bacias hidrográficas.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.40-45, mar. 1987.

VIEIRA, M. J.; COGO, N. P. & CASSOL, E. A. **Perdas por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja em condições de chuva simulada.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 2:209-214, 1978.

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

WELLS, M.; BRANDON, K. E. **People and parks: linking protected area management with local communities.** v.21, The World Bank, Washington, USA, 1992. 332p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning.** Supersedes Agriculture Handbook n.282. Science and Education Administration United States Department of Agriculture, 1978.

ZAVOUDAKIS, E.; TULLI, L. M. A. **Caracterização hidrológica e ambiental da sub-bacia do córrego Santa Isabel, braço norte da bacia do rio Jucu, Domingos Martins (ES).** Vitória: ES. 2004.

7. APÊNDICE A - Imagens da BHRJ

