



MESTRADO PROFISSIONAL

**Sustentabilidade
Socioeconômica Ambiental**



Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos

DISSERTAÇÃO

**VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE
PROTEÇÃO DE MANANCIAS
PRESTADO POR UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO**

Ronaldo José Ferreira Magalhães

OURO PRETO, MG

2014

VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE
MANANCIAS PRESTADO POR UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO

Ronaldo José Ferreira Magalhães

**VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO
DE MANANCIAS PRESTADO POR
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Orientador

Prof. Dr. Antenor Rodrigues Barbosa Junior

Coorientadora

Profa. PhD. Karen Alvarenga de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: “Mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental”. Área de Concentração: Ambientometria.

OURO PRETO, MG

2014

Ronaldo José Ferreira Magalhães

**VALORAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE
MANANCIAS PRESTADO POR UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada em 27 de Novembro de 2014 pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Professor Dr. Antenor Rodrigues Barbosa Junior
Universidade Federal de Ouro Preto

Professor Dr. José Aroudo Mota
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dr. Aníbal da Fonseca Santiago
Universidade Federal de Ouro Preto

Dedico este trabalho a minha família,
Denise, Gabriel e Letícia, norte orientador de minha vida.

Agradecimentos

A Deus, por me possibilitar melhorar diariamente;

À minha família, Denise, Gabriel e Letícia, que me motivam e me fazem crescer;

Aos meus pais por me prepararem para a vida;

Ao IEF, pela oportunidade de desenvolver meus estudos e aplicar meus conhecimentos;

Às Instituições Arnaldo onde retomei minha vida acadêmica e pelas sextas feiras de refugio na biblioteca para escrever meu trabalho;

Aos amigos Leonardo e Thalles, pela companhia motivadora;

Ao grande Rafael Magalhães, pela acolhida nas noites de sexta, sempre regadas por um bom vinho, uma boa música e um bom papo.

Ao amigo Antenor Barbosa, motivador antes de orientador.

À Karen, que com sua alegria passou os seus ensinamentos.

Segundo Mahatma Gandhi são estes os fatores que destroem os seres humanos: A Política, sem princípios; o Prazer, sem compromisso; a Riqueza, sem trabalho; a Sabedoria, sem caráter; os Negócios, sem moral; a Ciência, sem humanidade; a Oração, sem caridade.

Como seres humanos e como hóspedes recentes deste planeta, temos explorado seus recursos de forma irresponsável e muito além de seus limites, a despeito dos fortes indícios de que estamos abreviando e muito, nossa estada por aqui. Os processos de evolução e de extinção são naturais, necessários e comprovados cientificamente. Como raça humana estamos no meio destes processos e sinceramente não percebo nossa evolução. Resta-nos, pois, a extinção.

Resgatar nossa relação com o meio de forma mais harmoniosa é imperativo neste momento sem, contudo, garantir a reversão de nosso destino. Talvez, o que consigamos é estarmos em paz com nossa consciência no momento da prestação de contas.

O autor.

RESUMO

A apropriação dos recursos e serviços ambientais pela economia sem a devida alocação de seu valor aos diversos processos econômicos tem causado uma falha no mercado. Isto colabora para um uso intensivo destes bens e serviços podendo leva-los à sua exaustão. A esta falha a ciência econômica dá o nome de “externalidade”.

Um destes bens, que é essencial à vida humana e do planeta em geral, é a água. Recurso finito, ela faz parte inseparável de nosso dia a dia e mesmo ocupando dois terços da superfície terrestre a sua disponibilidade em condições adequadas de uso é cada vez menor. A ocupação desordenada das áreas de recarga, de proteção e no geral das bacias hidrográficas; os lançamentos de efluentes industriais e domésticos nos cursos d’água; o uso intensivo na agricultura são exemplos do mau uso dado a este importante e escasso recurso. Esta falta de cuidado atinge inclusive nossos mananciais de abastecimento público e protegê-los torna-se cada dia mais importante e imprescindível.

Uma das estratégias usadas pelo poder público para garantir a proteção de mananciais que abastecem ou tem potencial de abastecimento público é a criação de Unidades de Conservação - UC. Estas áreas prestam então um serviço ambiental na proteção destes mananciais garantindo a qualidade e mantendo o estoque das águas, além de garantir a proteção deste espaço frente a uma ocupação ou uso desordenado, situação que comprometerá tais parâmetros. Este serviço deve ser remunerado e para remunerar é preciso valorar.

A valoração dos Serviços Ambientais ou Ecosistêmicos é a maneira de atribuímos “valor” a estes ativos e assim, possibilitar uma alocação mais adequada dos serviços dentro da lógica econômica do mercado.

O desafio a que se propõe este trabalho é valorar o serviço prestado na Proteção de Mananciais de captação contribuindo para efetivar a proteção destes espaços. A partir da divisão do serviço de proteção aos mananciais em três parâmetros – Manutenção da Qualidade, Manutenção da Quantidade e a Garantia de Proteção – valorados individualmente, esperamos chegar ao valor final desse serviço pela soma de cada um dos parâmetros.

ABSTRACT

The appropriation of environmental resources and services by the economy without proper allocation of value to the various economic processes have caused a failure in the market. This contributes to an intensive use of these goods and services which may lead them to their exhaustion. The economics gives the name of "externality" to this failure.

One of these assets, which is essential to human life and to the planet in general, is water. As a finite resource, it is an inseparable part of our day-by-day and even occupying two thirds of the Earth's surface its availability in adequate conditions of use is dwindling. The disorderly occupation of recharge areas, protection and watershed; the discharge of industrial and domestic effluents into water courses; the intensive use in agriculture are examples of misuse given this important and scarce resource. This lack of care impacts our water sources for public water supply and protect them becomes increasingly important and indispensable nowadays.

One of the strategies used by the government to ensure protection of water sources that supply or have potential for public supply is the creation of Protected Areas - PA. These areas then provide an environmental service in protecting these watersheds ensuring quality and maintaining the stock of water, in addition to ensuring the protection of this space face to a disordered occupation or use, a situation that will compromise these parameters. This service must be paid and in order to pay it needs to be valued.

Valuation of Ecosystem Services is a way to assign "value" to these assets and thereby enable better allocation of services within the economic logic of the market.

The challenge that this work proposes is to value the service provided in Watershed Protection catchment contributing to effectuate the protection of these areas. Through the division of the watershed protection service on three parameters - Maintenance of Quality, Maintenance of Quantity and Maintenance of Protection Warranty - valued individually, we hope to reach the final value of that service by the sum of each of the parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo Sistêmico de Recursos Naturais	20
Figura 2 – Processo convencional de tratamento de água	30
Figura 3 – Representação do Ciclo Hidrológico	32
Figura 4 – Área antes da tragédia	33
Figura 5 – Área depois da tragédia	33
Figura 6 – Manancial Catarina: Parque estadual da Serra do Rola Moça	36
Figura 7 – Bacias Hidrográficas de Catskill, Delaware e Croton	39
Figura 8 – Foto histórica do Yosemite National Park	55
Figura 9 – Complexo de Proteção do Rola Moça	63
Figura 10 – Rentabilidade da pecuária de corte	64
Figura 11 – Fluxos monetários da economia tradicional	76
Figura 12 – Estrutura de avaliação de serviços ambientais	79
Figura 13 – Área de Contribuição da Bacia da captação do Ribeirão Catarina	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor de cobrança pelo uso da água	42
Tabela 2 – Custos específicos operacionais das ETA e captações	45
Tabela 3 – Custos de tratamento de água	46
Tabela 4 – Capacidades médias de infiltração inicial (fpo) e final (fpc) por grupo	48
Tabela 5 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras	50
Tabela 6 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas	52
Tabela 7 – Unidades de Conservação do Estado de Minas Gerais	59
Tabela 8 – Mananciais protegidos pelo PESRM	62
Tabela 9 – Índices zootécnicos da pecuária atual e da tecnificada/intensificada	65
Tabela 10 – Dados das captações fora de UC	86
Tabela 11 – Dados das captações dentro de UC	87
Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – ANA- 2044012.	143

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valor Econômico do Recurso Ambiental –VERA	78
Quadro 2 – Captações fora de UCs	84
Quadro 3 – Captações dentro de UCs	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABHA – Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari
- AGB Peixe Vivo – Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo
- AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
- ANA – Agência Nacional de Águas
- APA – Área de Proteção Ambiental
- APE – Área de Proteção Especial
- APEs – Áreas de Proteção Especial
- APP – Área de Preservação Permanente
- APPs – Áreas de Preservação Permanente
- ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico
- Bacia PCJ – Bacia hidrográfica Piracicaba-Capivari-Jundiá
- BOVESPA – Bolsa de Valores de São Paulo
- BMF – Bolsa Mercantil e de Futuros
- CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas
- CN – *Curve Number*
- Consórcio PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
- COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- ECO – 92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
- EE – Estação Ecológica
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- FLOE – Floresta Estadual
- FLONA – Floresta Nacional
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBIO – Instituto BioAtlântica
- ICMbio – Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IEF – Instituto Estadual de Florestas
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
ISA – Instituto Socioambiental
IUCN – International Union for Conservation of Nature
IVM – Índice de Valoração dos Mananciais
MEA – Millennium Ecosystem Assessment
MIT – Massachusetts Institute of Technology
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MONA – Monumento Natural
OMS – Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PSA – Pagamento por Serviços Ambientais
PESRM – Parque Estadual da Serra do Rola Moça
pH – potencial Hidrogeniônico
RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável
PQ – Parque
REBIO – Reserva Biológica
REF – Reserva de Fauna
REFVS – Refúgio de Vida Silvestre
RESEX – Reserva Extrativista
RL – Reserva Legal
RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural
SIAF – Sistema Integrado de Administração Financeira
SCS – *Soil Conservation Service*
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPM – Serviço de Proteção de Mananciais
TNC – The Nature Conservation
UC – Unidade de Conservação
UCs – Unidades de Conservação
UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
UNEP – *United Nations Environment Programme*
UTFPR – Universidade Técnica Federal do Paraná
VE – Valor de Existência

VERA – Valor Econômico do Recurso Ambiental

VO – Valor de Opção

VNU – Valor de Não Uso

VU – Valor de Uso

VUD – Valor de Uso Direto

VDI – Valor de Uso Indireto

WWF – World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. O PROJETO OÁSIS	24
2. OBJETIVOS	26
2.1. OBJETIVO GERAL.....	26
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1. ÁGUA – BEM AMBIENTAL INSUBSTITUÍVEL.....	27
3.2. MANANCIAL DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	34
3.3. BACIA DE CONTRIBUIÇÃO OU BACIA HIDROGRÁFICA.....	37
3.4. A COBRANÇA DA ÁGUA NOS COMITÊS DE BACIA	41
3.5. A RELAÇÃO ENTRE CONSERVAÇÃO, QUALIDADE E QUANTIDADE.....	43
3.6. UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO COMO GARANTIA DE PROTEÇÃO	53
3.7. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS PROTEGIDAS	54
3.7.1. PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO ROLA MOÇA	60
3.8. A PECUÁRIA DE CORTE NO BRASIL.....	64
3.9. SERVIÇOS E BENS AMBIENTAIS: A IMPORTÂNCIA EM VALORAR	66
3.10. ECONOMIA, MEIO AMBIENTE E VALORAÇÃO AMBIENTAL	69
3.11. MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL.....	77
3.11.1. MÉTODOS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO	80
3.11.1.1. MÉTODO DE MERCADO DE BENS SUBSTITUTOS.....	80
3.11.1.1.1. MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO	80
3.11.1.1.2. GASTOS DEFENSIVOS OU CUSTOS EVITADOS	81
3.11.1.1.3. CUSTO DE OPORTUNIDADE	81
4. MATERIAIS E MÉTODO.....	83
4.1. MATERIAL E COLETA DOS DADOS	83

4.1.1. DADOS DAS CAPTAÇÕES E DA PRECIPITAÇÃO MENSAL	84
4.2. METODOLOGIA	88
4.2.1. QUALIFICAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS	89
4.2.2. MANUTENÇÃO DA QUALIDADE E SEU VALOR	91
4.2.3. MANUTENÇÃO DA QUANTIDADE E O SEU VALOR.....	93
4.2.4. GARANTIA DE PROTEÇÃO E SEU VALOR.....	96
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
5.1. VALORAÇÃO DA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE OU VMQ	98
5.2. VALORAÇÃO DA MANUTENÇÃO DA QUANTIDADE OU VMQT	99
5.3. VALORAÇÃO DA GARANTIA DE PROTEÇÃO OU VGP	103
5.4. VALOR DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS	103
6. CONCLUSÕES	105
7. RECOMENDAÇÕES	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS.....	118

1. INTRODUÇÃO

Desde que a humanidade reconheceu a necessidade de buscar alternativas sustentáveis às suas diversas atividades, ela tem procurado identificar os impactos ambientais causados pelas mesmas. Os impactos são inerentes às ações humanas e é necessário que a sociedade se aproprie da sua gestão a fim de potencializar os impactos positivos e evitar ou minimizar os negativos.

Na visão desenvolvimentista tradicional a natureza é percebida como *fornecedora inexaurível de recursos e, ao mesmo tempo, como um esgoto de infinita capacidade de absorção* (CAVALCANTI, 2003, p. 19), desconsiderando que esta se orienta pelo princípio da homeostase¹ (BRANCO *apud* CAVALCANTI, 2003).

Segundo Pádua (2010), ações voluntárias têm se somado a regulamentações legais no intuito de criar um arcabouço de proteção que permita a continuidade de diversos processos naturais, essenciais ao contínuo desenvolvimento da espécie humana em harmonia com as demais espécies, sempre lembrando que esta intrincada e complexa relação se dá em um ambiente dinâmico e que tende ao equilíbrio. Tais ações que se iniciaram ainda na década de 1960 vêm ganhando destaque e importância à medida que se percebe que o desgaste dos processos ecológicos naturais colocam em risco não só um ambiente saudável para esta geração, mas impõe ao planeta uma possibilidade de mudanças profundas com cenários de difícil mensuração e um futuro incerto.

Com a crise ambiental do pós-guerra, o chamado “Clube de Roma²” iniciou as discussões sobre as ações humanas que já pressionavam os recursos ambientais e que carregavam no seu bojo consequências já consideradas graves na década de 1960. As observações deste grupo fomentaram as discussões sobre as diversas atividades humanas e foi produzido e publicado em 1972, o relatório “Os Limites do Crescimento³”, que chamava a atenção de como tais atividades exerciam pressão sobre o planeta. Três são as conclusões básicas desse grupo (BRÜSEKE, 2003, p. 30):

¹ Na natureza como um sistema aberto, é a propriedade de regular o ambiente e manter uma condição estável mediante múltiplos ajustes do equilíbrio.

² Criado em 1968 e formado por ilustres personalidades mundiais para debater sobre diversos assuntos, tendo como destaque o meio ambiente e a sustentabilidade.

³ Também conhecido como Relatório Meadows, foi produzido pela equipe do *Massachusetts Institute of Technology* – MIT sob coordenação de Dana Meadows.

1 – Se as atuais tendências de crescimento da população mundial – industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais – continuarem imutáveis, os limites do crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial.

2 – É possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as necessidades essenciais básicas de cada pessoa na Terra sejam satisfeitas e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual.

3 – Se a população do mundo decidir empenhar-se em obter este segundo resultado, em vez de lutar pelo primeiro, quanto mais cedo ela começar a trabalhar para alcançá-lo, maiores serão suas possibilidades de êxito.

Estas preocupações precederam a Conferência das Nações Unidas em Estocolmo no mesmo ano de 1972 onde, pela primeira vez, foram discutidos pelos líderes mundiais os impactos causados pelas atividades humanas no meio natural e quais seriam as estratégias para evitá-los. O reconhecimento pela comunidade internacional de que era urgente identificar uma forma menos agressiva de se produzir, norteou o trabalho do grupo responsável por compilar as ideias discutidas em Estocolmo e, em 1987, publicou-se um relatório: “O Nosso Futuro Comum⁴”, também conhecido como “Relatório Brundtland”, que definiu esta forma de ação como sendo aquela que permite alcançarmos nossos objetivos sem impossibilitar as futuras gerações de também poderem usufruir dos benefícios gerados pela natureza. Nascia então o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Desde então se persegue esta forma mais sustentável de atingir esses objetivos, embora com pouca efetividade. A sociedade continua a utilizar os recursos naturais como se fossem infinitos e sem valor. Descartam-se os resíduos gerados sem a preocupação de evitar a contaminação dos próprios ativos utilizados como recursos. O ambiente é alterado de acordo com nossa conveniência sem a preocupação dos efeitos causados sobre o meio e sobre as demais espécies que habitam este planeta. E como parte deste ambiente, agindo e o modificando para adequá-lo às suas necessidades, a humanidade sofre também as consequências geradas por estas alterações.

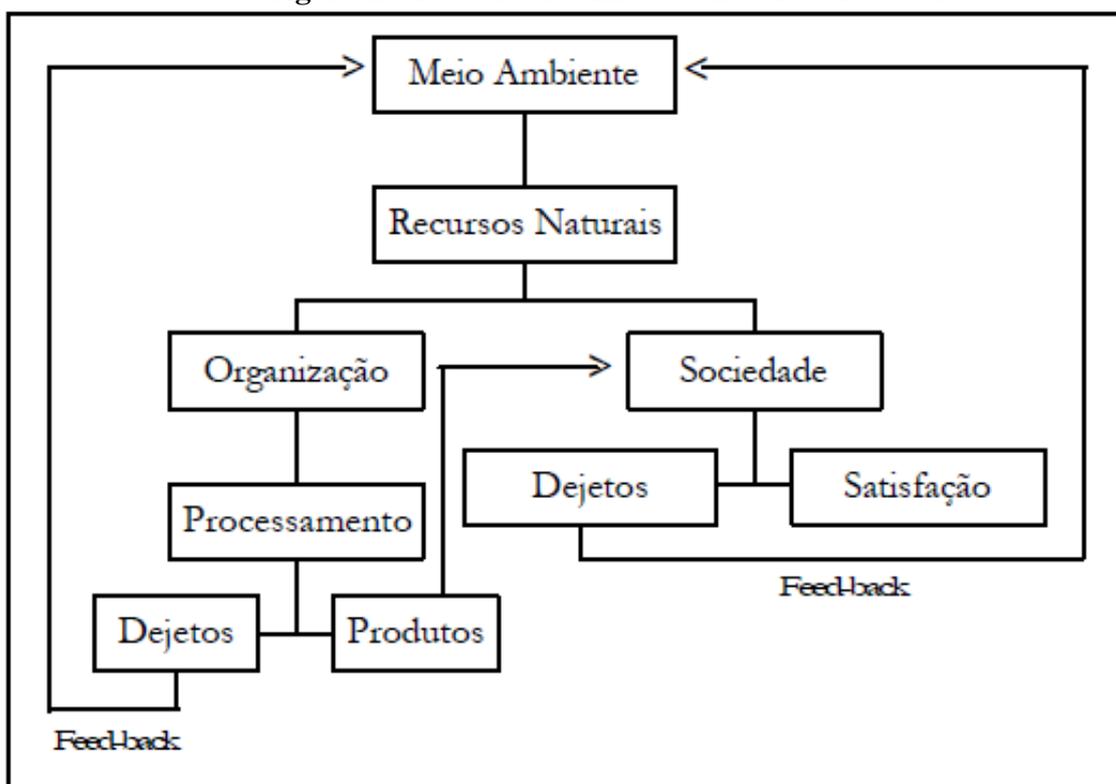
⁴ Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que teve como chefe da missão a primeira ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland.

A esta forma de agir soma-se um incrível crescimento da população humana. Passou-se de cerca de 1 (um) bilhão de habitantes por volta do ano de 1800 para ultrapassar atualmente a impressionante marca de 7 (sete) bilhões de pessoas sobre a Terra. Esta população crescente demanda por, e.g. alimento, habitação, conforto, segurança, água, recreação. Bens e serviços que têm no ambiente natural os insumos para satisfazê-los e também como local para descarte das sobras das atividades humanas.

Neste mesmo período a sociedade experimentou uma enorme mudança nas suas atividades produtivas. A invenção da máquina a vapor e o domínio no uso dos combustíveis fósseis lançou a humanidade na “Revolução Industrial” e desde então o homem tem explorado o ambiente além de seus limites. Processos produtivos são aperfeiçoados, o consumo é estimulado, a produção cresce e com ela o uso de recursos naturais. Para sustentar a esta produção crescente e para manter a atividade econômica sempre em altos índices, criou-se a lógica perversa da obsolescência. Somos levados a consumir sempre mais e a descartar bens que são tornados obsoletos. A substituição planejada de tecnologias impõe a necessidade de troca de equipamentos como celulares e notebooks. Segundo Oliveira (2014, p. 18) esta é a “economia destrutiva”, pois agrava o cenário ambiental mundial. Surge aí a outra ponta deste processo cruel: a geração de resíduos, não só do processo de produção, mas também dos produtos que devem ser descartados. Em pouco mais de 200 anos a nossa população quintuplicou e nossos hábitos de consumo se modificaram nos tornando mais dependentes do processo industrial.

Analisando a Figura 1 pode-se observar estas relações de troca e inferir que a escala como esta troca acontece hoje, compromete a capacidade de suporte do meio.

Figura 1 – Modelo Sistêmico de Recursos Naturais



Fonte: Mota, (2000)

E esta falta de cuidado com o meio ambiente não é uma novidade. Segundo Mebratu (1998), esta rápida transformação do “homem coletor-caçador” para o “homem industrial”, com suas tecnologias cada dia mais adaptativas, impuseram ao ambiente uma pressão que levou não só à escassez dos recursos naturais, mas também a capacidade de absorção dos resíduos. Com isso o ambiente natural já dá sinais de ter atingido seu limite. Vive-se na busca pelo ápice do conforto pelo consumo que leva à geração e descarte de resíduos, a despeito da existência de indícios de um paralelo entre a degradação ambiental e o colapso de civilizações antigas. Segundo Niragu (1994) citado por Mebratu (1998) a queda da Roma antiga teve como fator considerável a poluição por chumbo e o Império Babilônico é uma destas civilizações que entraram em colapso por causa da degradação ambiental.

Thomas Malthus (1833) já alertava sobre a necessidade de se limitar o crescimento da população humana. Em suas obras, Primeiro e Segundo Ensaio ainda no século XVIII, este antecipava que enquanto a população crescia em progressão geométrica, os alimentos, na melhor das hipóteses, cresciam em progressão aritmética. Ele se baseava na limitação de terras para produção de alimento para esta população crescente. A falha desta teoria está na imprevisibilidade de um aumento na produtividade possibilitado pela inovação tecnológica.

Mas, mesmo com toda a tecnologia o limite já pode ter sido alcançado. Reverter este quadro com ações mais sustentáveis é imperativo neste momento de inflexão. É preciso conservar para dar a oportunidade de fazer cumprir o que foi lembrado ainda há pouco: dar às futuras gerações a condição de participar das benesses de um ambiente saudável e não só dos problemas gerados atualmente.

Instrumento importante nesta estratégia de conservação de espaços naturais são as Unidades de Conservação – UCs. Como espaços legalmente protegidos, elas cumprem um papel fundamental na reserva de porções estratégicas de nossos biomas, guardando a biodiversidade e toda uma complexa rede de relações por ela gerada para que se possa avaliar de forma mais detalhada e aprofundada qual a maneira mais adequada de gestão de todo este recurso natural para se atingir os objetivos estabelecidos.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, Lei Federal nº 9.985 de 18 de Julho de 2000 é o marco legal das UCs do Brasil. Regulamentada pelo Decreto Federal 4.340 de 22 de agosto de 2002, esta norma estabelece as regras para as UCs desde a sua criação até a gestão, estabelecendo os princípios gerais para tal. Apesar de algumas limitações é um importante instrumento norteador.

A busca pela sustentabilidade econômica do sistema de áreas protegidas no Brasil e, por conseguinte em Minas Gerais é um desafio a ser superado, principalmente quando tratamos dos recursos necessários à operacionalização e efetivação da função socioambiental de nossas UCs. A carência de recursos necessários à proteção da unidade e a sua disponibilização à visitação ao uso público tornam estas áreas ilhas de proteção que não cumprem, muitas vezes, parte de seus objetivos: permitir ao cidadão um maior contato com a natureza para que este passe a valorizar os recursos ambientais não só como necessários e vitais à continuidade da existência da raça humana no planeta, mas também como ativos financeiros que podem ser o diferencial na economia mundial num futuro muito próximo.

Diversas destas UCs são criadas com o intuito de proteger, dentre outros atributos, os recursos hídricos de determinada região. Pode-se exemplificar algumas destas importantes unidades por iniciativa do Estado de Minas Gerais:

- Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Estação Ecológica do Cercadinho e Estação Ecológica de Fechos com seus mananciais que abastecem Belo Horizonte;

- Parque Estadual da Lapa Grande e seu manancial que abastece a cidade de Montes Claros;
- Parque Estadual do Itacolomi e seu manancial que abastece Ouro Preto;
- Estação Ecológica de Sagarana e seu manancial que fornecem água para Arinos.

Potenciais mananciais de captação de água para uso humano, diversas destas unidades têm esta função de proteção. Seja mantendo a qualidade e quantidade da água deste manancial, seja tornando-o perene, o serviço prestado é evidente.

Diante da discussão sobre a importância dos diversos processos naturais que sustentam a vida sobre a Terra, surgiu o conceito de serviço ecossistêmico. Entendido como aqueles que trazem bem-estar ao ser humano segundo a Organização das Nações Unidas (2005) em seu relatório *Millenium Ecosystem Assessment*, os serviços ambientais ou ecossistêmicos se apresentam como alternativa de conservação em um ambiente e em uma sociedade, onde prevalece a lógica do desempenho econômico. Como um direito difuso, os serviços ambientais são prestados pela natureza e por consequência pelas UCs para toda a sociedade, mas, por vezes têm seu valor econômico explorado por uns poucos que se apropriam dos benefícios gerados sem a devida contrapartida. O acesso a estes bens e serviços sem o devido pagamento gera a falsa ideia de falta de valor dos mesmos, causando distorções no mercado e levando seu uso acima dos limites de recuperação. A esta distorção ou falha no mercado pode-se chamar externalidade. Segundo Hartwick e Olewiler (1986) citados por Ramos (1996) uma externalidade existe quando um determinado agente não tem controle sobre as escolhas de um segundo agente e estas escolhas não têm valor de troca explícito no mercado. Ou ainda, segundo Acsegrad (2003, p. 131) são *danos causados por uma atividade a terceiros, sem que esses danos sejam incorporados no sistema de preços*. Como exemplo, o lançamento de efluentes sem tratamento num curso d'água por uma indústria compromete a qualidade da água para os usuários a jusante e estes não têm como corrigir o problema, pois não há como estabelecer um valor para o impacto causado pelo lançamento do efluente para que este valor seja incorporado aos custos da indústria que o lançou.

O papel da valoração na análise do meio ambiente assume interesse à medida que os recursos naturais e serviços ambientais não são precificados nos mercados convencionais (CAVALCANTI, 2010). Valorar adequadamente estes bens e serviços permite que se possa escolher entre conservar com resultados econômicos sustentáveis ou explorar o ambiente em

busca de um retorno financeiro imediato. A primeira opção, que se pode chamar de “Sustentabilidade”, parece ser a mais lógica.

O desafio em valorar tais serviços se potencializa quando se observa que a valoração de ativos e passivos ambientais e por consequência dos serviços ambientais passa por uma ciência ainda por se completar que é a economia ambiental. Determinar valor a serviços muitas vezes insubstituíveis é o grande desafio que se busca responder a partir dos métodos de valoração ambiental existentes. As discussões que evoluíram a partir do conceito da economia tradicional, passando pelo reconhecimento da necessidade de trabalhar os aspectos ambientais dentro da lógica da economia ambiental e chegando aos pressupostos da transdisciplinaridade da chamada economia ecológica, são os fundamentos que irão embasar este trabalho.

O pagamento pelos serviços ambientais - PSA pode contribuir para a solução dos problemas aqui apresentados. Além de apoiar o financiamento de nossas UCs pela entrada dos recursos gerados pelos serviços prestados, pode também despertar a sociedade para a importância estratégica de nossas áreas protegidas no que diz respeito ao enorme ativo econômico que estas protegem. As duas ações provavelmente aumentarão a efetividade na proteção de nossas UCs com uma visão ampliada da necessidade de utilizar, de forma mais responsável, os ativos ambientais e a importância em protegê-los.

Retomando o SNUC, este, em seu artigo 47, estabelece a obrigação legal em se pagar pelo serviço de proteção e produção da água (BRASIL, 2000). Sugerir formas de se corrigir ou atenuar esta distorção de mercado é o que se pretende com este trabalho, desenvolvendo um método cientificamente comprovado de valoração a ser reconhecido. O assunto tem sido apresentado e discutido mundialmente (CONSTANZA, 1989; SPASH, 2000; WUNDER, 2006; VILLA *et al.* 2007) e esta é uma oportunidade de inserir uma nova visão, contribuindo na construção deste tema. Assim, para se cumprir o preceito legal instituído pelo SNUC, necessita-se valorar estes serviços.

O que se espera a partir de então é o estabelecimento de parâmetros objetivos e a sua quantificação financeira, de forma clara e fundamentada, determinando um valor para o **serviço ambiental de proteção de manancial**, para posterior apresentação aos órgãos responsáveis pela gestão das áreas protegidas no Brasil. É a oportunidade de oferecer à sociedade um estudo fundamentado em bases científicas sobre valoração desse serviço ambiental. É a possibilidade de corrigir esta externalidade existente no mercado e gerar valor para as nossas áreas protegidas, trazendo uma nova alternativa financeira para investimento nestas, além de consolidar definitivamente sua importância no contexto socioeconômico.

1.1. O PROJETO OÁSIS

Na busca por solucionar questões institucionais em um passado próximo ligadas aos serviços ambientais prestados dentro das UCs estaduais, nas pesquisas realizadas dentro da Diretoria de Áreas Protegidas do Instituto Estadual de Florestas – IEF, encontrou-se o estudo chamado “Projeto Oásis” desenvolvido pela Fundação Boticário e aplicado inicialmente na Bacia Guarapiranga no estado de São Paulo, onde se buscava a garantia da manutenção do fornecimento de água para a cidade de São Paulo através da conservação da bacia de contribuição deste manancial pelo pagamento por serviços ambientais - PSA.

O projeto foi lançado em 2006 e tinha como objetivo a proteção de remanescentes de mata atlântica e ecossistemas associados na região dos mananciais da região metropolitana de São Paulo. As bases do projeto previam o pagamento aos proprietários de terras pela conservação de suas florestas por entender que estas prestavam serviços ambientais na proteção contra a erosão, na produção de água e na manutenção da sua qualidade (WHATELY, 2008).

O valor máximo a ser pago por este serviço era de R\$370,00 por hectare/ano que contemplavam os três serviços prestados: produção de água (R\$99,00), controle da erosão (R\$75,00) e manutenção da qualidade (R\$196,00). Para chegar a este valor utilizou-se a lógica:

- a. Produção de água – Compararam-se duas áreas semelhantes, sendo uma com cobertura vegetal nativa preservada e outra sem esta cobertura. Verificou-se o armazenamento de água na área com vegetação e multiplicou-se o resultado pelo valor cobrado pela água no comitê de bacia hidrográfica Piracicaba-Capivari-Jundiaí - Bacia PCJ.
- b. Controle da erosão - O valor refere-se ao custo de recuperação de um hectare erodido apresentado no programa “Mata Ciliar” do Governo de São Paulo.
- c. Manutenção da qualidade – Estimou-se a diferença de custos para a retirada da quantidade de fósforo em duas amostras de água, sendo uma retirada de uma região preservada comparada com outra retirada de uma região sem proteção e qualidade de água inferior.

O somatório destes três valores perfaz o valor global máximo a ser pago pelo serviço.

Para se chegar ao valor final a ser pago pelo serviço ao proprietário rural, avaliava-se a propriedade com base em critérios preestabelecidos que compõem o Índice de Valoração dos Mananciais – IVM que varia de 0 a 1. O valor atribuído à propriedade é multiplicado pelo valor máximo de pagamento. Quanto melhores fossem as condições da propriedade e mais próximo de 1 o IVM, maior o valor a ser pago pelo serviço prestado.

O pagamento é uma transação voluntária entre provedor e comprador do serviço e é pago por contrato pelo período de cinco anos. Em 2008 o projeto contava com onze propriedades contratadas e perfaziam um total de 350 hectares de propriedade e 310 hectares de área conservada e efetivamente remunerada.

Todas estas informações foram acessadas na publicação do Instituto Socioambiental – ISA (WHATELY, 2008).

Apesar dos esforços na tentativa de ter acesso à metodologia de cálculo utilizada neste estudo não foi possível verificar o caráter científico da metodologia, o que estimulou o desenvolvimento deste estudo tendo a proposta do Projeto Oásis como base.

2. OBJETIVOS

A natureza do problema estudado é a aplicação de métodos de valoração ambiental no cálculo do Serviço Ambiental de Proteção de Manancial prestado por uma área preservada por Unidades de Conservação numa captação para abastecimento humano. Assim, são estes os objetivos.

2.1. OBJETIVO GERAL

Valorar o Serviço Ambiental de Proteção de Mananciais de Captação prestado pelas Unidades de Conservação.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o Serviço Ambiental de Proteção de Mananciais de Captação;
- Valorar o parâmetro “manutenção da qualidade” dentro do serviço ambiental prestado;
- Valorar o parâmetro “manutenção da quantidade” dentro do serviço ambiental prestado;
- Valorar o parâmetro “garantia de proteção” dentro do serviço ambiental prestado;
- Caracterizar e comparar as condições de cada parâmetro em mananciais de abastecimento protegidos por UC com outras sem esta proteção;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa do trabalho busca dar embasamento a diversas questões fundamentais para a elaboração desta dissertação: Unidades de Conservação e sua importância na preservação dos ativos ambientais; a valoração ambiental e seus métodos; serviços ambientais ou ecossistêmicos e bens ambientais; Pagamento pelos Serviços Ambientais - PSA e o seu papel na conservação dos ativos ambientais; e a água e os mananciais de abastecimento e sua importância para a socioeconomia.

Criar uma relação entre estes temas, fundamentada na análise crítica do cabedal teórico/científico disponível, utilizando os métodos de valoração ambiental, separando bens e serviços ambientais, irá possibilitar uma visão oportuna da necessidade e importância do PSA como mais uma ferramenta de conservação ambiental. Espera-se também que a dissertação ofereça a oportunidade de se reforçar a importância das unidades de conservação não só como mantenedoras dos recursos ambientais, mas também como geradoras de recursos econômicos.

3.1. ÁGUA – BEM AMBIENTAL INSUBSTITUÍVEL

Essencial para a vida, a água está estável em sua quantidade no planeta Terra desde os seus primórdios. Circula pela atmosfera terrestre há bilhões de anos e ainda continuará a circular por mais alguns bilhões mesmo depois da raça humana ter partido.

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei 9.433/1997, a água é um recurso natural limitado, bem de domínio público, dotada de valor econômico e em sua escassez é prioritário seu uso para consumo humano e para a dessedentação de animais. A gestão destes recursos cabe ao poder público devendo este envolver os usuários e as comunidades, possibilitando o uso múltiplo da água (BRASIL, 1997).

Ainda segundo esta norma legal, existem duas formas de uso da água: o uso consuntivo, que é aquele onde há perda ou consumo da quantidade de água que entra no sistema comparado com aquela que sai deste – abastecimento doméstico ou irrigação – e o não consuntivo que é aquele onde não há perda ou consumo – navegação, recreação, diluição de efluentes, aproveitamento hidrelétrico.

Como bem ambiental, a água presta ainda serviços ambientais onde se pode destacar a dissolução de efluentes e a reciclagem de nutrientes.

Segundo a Agenda 21, documento da Organização das Nações Unidas – ONU resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Eco

92 realizada no Rio de Janeiro, que estabeleceu a importância de cada ator na gestão dos recursos naturais (AGENDA 21 GLOBAL, cap. 18, item 18.8):

O manejo integrado dos recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema, um recurso natural e bem econômico e social cujas quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização. Com esse objetivo, os recursos hídricos devem ser protegidos, levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de satisfazer e conciliar as necessidades de água nas atividades humanas. Ao desenvolver e usar os recursos hídricos, deve-se dar prioridade à satisfação das necessidades básicas e à proteção dos ecossistemas. No entanto, uma vez satisfeitas essas necessidades, os usuários da água devem pagar tarifas adequadas.

Disponível em várias formas, a água tem seu uso difundido sendo essencial para a vida, inclusive a humana. Contudo, sua distribuição não é homogênea. De toda a água disponível na superfície terrestre na forma líquida ou sólida e na atmosfera em forma de vapor, uma parte ínfima está disponível para uso consuntivo – consumo humano, animal ou uso industrial ou doméstico ou ainda para a irrigação. Ela está nos rios e lagos, em aquíferos no subsolo ou em forma de vapor na atmosfera. O restante está nos polos ou em grandes altitudes em forma de geleiras ou na água salgada do mar onde pode haver seu uso não consuntivo.

Segundo dados quantitativos produzidos por hidrólogos, 97,5% da água disponível na Terra é salgada e apenas 2,5% é água doce. A maior parte da água doce ou 68,7% está concentrada em geleiras e 29,9% em regiões subterrâneas de difícil acesso; sobram, portanto, apenas 0,26% da água doce ou aproximadamente 0,007% de toda a água do planeta para o uso humano, disponível em rios, lagos e na atmosfera (SHIKLOMANOV, 1998, tradução nossa⁵).

Agravante nesta situação é que, mesmo tão escassa grande parcela desta água disponível para o uso consuntivo está com sua qualidade comprometida pelas diversas atividades humanas que causam sua contaminação ou com sua quantidade cada vez mais limitada, pelo uso intensivo dado pela indústria ou pela agricultura na irrigação. Além dessa constatação, outra ainda mais dramática é a caminhada da humanidade, e principalmente de

⁵ However, 97.5% of this amount are saline waters and only 2.5% is fresh water. The greater portion of this fresh water (68.7%) is in the form of ice and permanent snow cover in the Antarctic, the Arctic, and in the mountainous regions. Next, 29.9% exists as fresh groundwaters. Only 0.26% of the total amount of fresh waters on the Earth are concentrated in lakes, reservoirs and river systems where they are most easily accessible for our economic needs and absolutely vital for water ecosystems.

sua porção economicamente mais frágil, na direção do que Brown (2003) chamou de “pobreza hidrológica”.

O uso intensivo da água tem causado distorções negativas alertadas já há algum tempo. Rios importantes de países populosos como o Rio Amarelo na China ou o Ganges na Índia, que tem função estratégica tanto na economia quanto na sociocultura destes países já não chegam ao mar em certos períodos do ano (BROWN, 2003). Países como a China, na busca pelo desenvolvimento de sua economia e diante da escassez da água, optaram por priorizar o seu uso na indústria, abrindo mão da produção agrícola dependente da irrigação artificial. Mesmo a captação em poços profundos está ficando inviável com o rebaixamento dos aquíferos numa velocidade de 150 metros por ano em países como a China, Paquistão e Índia. Estes países têm buscado o suprimento de suas necessidades por alimento, pela importação de países como os Estados Unidos e o Brasil, importando indiretamente uma enorme quantidade de água (BROWN, 2003). O cenário só se agrava com a expectativa de crescimento da população para os níveis projetados.

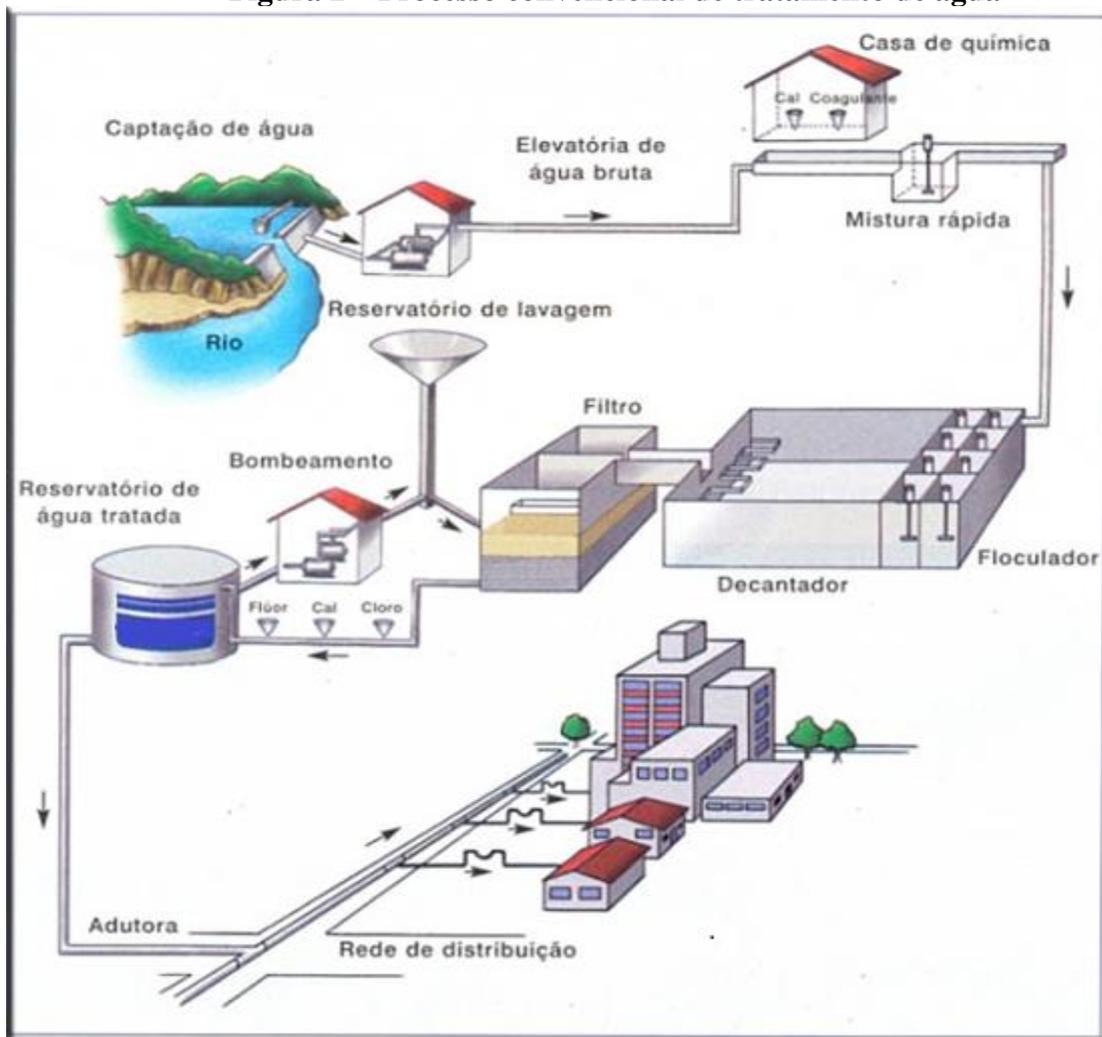
Cada dia mais o abastecimento de água, em condições de consumo para esta população crescente, torna-se mais caro e comprometido e os mananciais de captação vão se inviabilizando ou tendo um custo de manutenção e tratamento cada vez maior. A ocupação e utilização de grandes áreas para a expansão urbana, para a agropecuária ou para a industrialização, multiplicam seus efeitos negativos e deixam seus impactos sobre o meio. As concessionárias de água buscam estratégias para uma melhor captação que vão desde a decretação de proteção destes mananciais, a compra das áreas de recarga e produção de água, indo até a perfuração de poços para a exploração de água. Entretanto, nem mesmo o acesso às águas subterrâneas garante a qualidade. Diversos estudos mostram que os aquíferos estão sendo contaminados pelo uso indiscriminado de pesticidas e agroquímicos ou por contaminantes dos resíduos gerados pelas atividades humanas que são dispostos inadequadamente e os diversos mecanismos de proteção muitas vezes se mostram ineficientes. Foster e outros (2002, p. 2) deixam clara a importância das águas subterrâneas sendo, segundo os autores *vitais para o abastecimento econômico e seguro nos meios rural e urbano*. Reiteram estes mesmos autores que *No mundo inteiro, os aquíferos [...] estão sob perigo cada vez maior de contaminação em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial, das atividades agrícolas e das empresas de mineração*.

O tratamento da água busca colocá-la em condições de consumo e uso humano, seguindo as normas legais. Segundo a Companhia de Abastecimento e Saneamento de Minas

Gerais – COPASA (2013), em informações disponíveis em seu sítio na rede mundial de computadores (grifos nossos):

A água tratada é um produto industrial que exige altos investimentos para a sua produção, reservação, distribuição e controle de qualidade. Para garantir sua quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde - OMS, a COPASA exerce um rigoroso controle e investe em programas de preservação dos mananciais de onde a água é retirada para abastecimento público.

Figura 2 – Processo convencional de tratamento de água



Fonte: Adaptado de COPASA (2013).

Dentro do processo convencional de tratamento de água, conforme Figura 2, a água bruta que entra no sistema recebe produtos químicos que possibilitarão a coagulação das partículas de sujeira e contaminantes nos floculadores. Com velocidade cada vez menor, esta água passa pelos tanques de decantação que permitem que estes flocos de sujeira se depositem

no fundo dos tanques. O próximo passo é a filtração da água e a sua desinfecção com cloro, que tem o objetivo de eliminar os organismos patogênicos que ainda persistam após a filtração. Por último, estabiliza-se o pH – potencial Hidrogeniônico (informação verbal)⁶.

Além do comprometimento da qualidade da água, outra situação não menos grave é o comprometimento em sua quantidade. As mesmas ações humanas que comprometem a qualidade modificam o ambiente e conseqüentemente afetam o ciclo hidrológico alterando o regime hídrico destas regiões. Recorrentemente são veiculadas notícias de eventos climáticos mais extremos, como tempestades torrenciais com volumes impressionantes de precipitação ou com longos períodos de estiagens severas. Regiões com grandes alterações no regime de chuvas têm como inevitáveis os prejuízos econômicos. Alterações no ciclo hidrológico, seja pelo desmatamento, seja pela impermeabilização do solo, ou ainda pela possibilidade de mudança do clima causada pelo aumento de gases de efeito estufa na atmosfera, comprometem a disponibilidade da quantidade adequada de água em determinados locais. Stenger e outros (2009) citados por Alipaz (2010) observam que os ecossistemas florestais preservados têm significativa importância para o controle da erosão protegendo o solo além de regular o sistema hidrológico reduzindo as variações de vazão. Têm ainda forte influência na regulação do clima, na purificação de água e ar e na manutenção dos estoques de carbono. Podem-se incluir aí todos os ecossistemas preservados e não só os florestais.

Em áreas severamente perturbadas e com alto grau de impermeabilização, a água que antes, em áreas conservadas, infiltrava e reabastecia os aquíferos, hoje escoar rapidamente, carreando solo, assoreando cursos d'água, causando inundações, destruindo o patrimônio público e particular, e causando mortes. Esta seqüência de eventos afeta a socioeconomia de diversos países espalhados pelo mundo.

A Figura 3 mostra o esquema do ciclo hidrológico.

⁶ Informação fornecida pelo funcionário da COPASA Sr. Ronan Perazoli, Técnico Químico da estação de tratamento de água do Morro Redondo em Belo Horizonte em visita de reconhecimento.

Figura 3 – Representação do Ciclo Hidrológico



Fonte: Wikipédia (2014).

A ocupação de áreas de preservação permanente – APPs num desrespeito às normas básicas do conhecimento científico e empírico e à legislação vêm sendo frequentemente noticiadas na mídia, associadas a tragédias quando da ocorrência de chuvas intensas que ocasionam a perda de vidas humanas e severas perdas econômicas. Comentando sobre os impactos econômicos, a destruição de diversas infraestruturas e de culturas agrícolas, a perda de solo fértil, os investimentos perdidos em eventos naturais severos, poderiam ser expressivamente minimizados se não houvesse o desrespeito e a ocupação citados anteriormente. Na tragédia de Teresópolis – RJ, ocorrida em janeiro de 2011, um estudo elaborado e publicado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA mostrou de forma simples e didática que mais de 90% (noventa por cento) de toda a perda, principalmente a de vidas humanas poderia ter sido evitada se a sociedade entendesse e respeitasse os sinais da natureza. Na publicação do relatório “Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro” técnicos do Ministério do Meio Ambiente – MMA constatam que a ocupação de uma Área de Preservação Permanente - APP pode transformá-la em uma área de risco em potencial (MINISTÉRIO DO

MEIO AMBIENTE, 2011). As imagens apresentadas como Figuras 4 e 5, com a delimitação tracejada em amarelo das APPs e em azul da hidrografia, antes e depois da tragédia são tão elucidativas que por si só são suficientes para demonstrar os riscos assumidos por aqueles que desrespeitam as normas. A Figura 4 é uma imagem do Google Earth® de 2010 e a Figura 5 é uma fotografia aérea em 26 de janeiro 2011, logo depois da tragédia. Pode-se observar que a ocupação das APPs ao longo do curso d'água foi responsável pela maior parte da destruição que ocasionou enormes perdas econômicas e o mais grave: de vidas humanas.

Figura 4 – Área antes da tragédia



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011).

Figura 5 – Área depois da tragédia



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2011).

Além de todas estas constatações de perdas econômicas, a falta de conservação das áreas de recarga e de proteção das zonas ripárias nos mananciais de captação comprometem

estes mananciais levando ao seu abandono ou ao aumento dos custos de tratamento da água captada.

Proteger estas áreas gera ganhos econômicos, além de evitar perdas, inclusive de vidas humanas.

3.2. MANANCIAL DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

A escolha de mananciais para abastecimento público passa por uma avaliação criteriosa. Conseguir água em condições ideais de uso é a cada dia uma tarefa mais desafiadora. Encontrar um ponto de captação com água em qualidade e quantidade adequadas, próximo ao consumidor e onde se possa manter tais condições é quase impossível. Segundo a COPASA (2013), em seu sítio na rede mundial de computadores:

As ferramentas mais importantes para dispormos de água em quantidade e qualidade são a conservação dos suprimentos de água doce do planeta e a recuperação dos sistemas com água poluída. A COPASA, diante dessa realidade, adota como uma das suas prioridades a proteção dos mananciais utilizados em seus sistemas de abastecimento público de água.

Quando se defronta com a necessidade de uma nova captação para atendimento ao abastecimento público em regiões com carência de água de qualidade e em quantidade suficiente, a opção é abrir mão de algumas das condições citadas, o que certamente acarretará no aumento dos custos de tratamento e disponibilização. Grandes cidades como São Paulo têm enormes sistemas de captação e tratamento que mostram como esta realidade afeta, não só a economia diretamente ligada a estes maiores custos de tratamento, mas vão muito além, interferindo inclusive na expansão da economia pela restrição de água tratada para o crescimento das cidades.

Segundo Andreoli e outros (2000), as bacias de mananciais de abastecimento exigem um tratamento diferenciado, uma vez que a qualidade da água bruta depende da forma como as atividades ali inseridas são manejadas. Florestas, e outras formas de vegetação em estado natural, regulam tanto **a qualidade quanto a quantidade** dos recursos hídricos, sendo a base da gestão integrada destes recursos (NUÑEZ *et al.* 2006, grifo nosso). Ensina Lima (1996), citado por Reis (2004), que a conservação da água não pode ser alcançada sem a conservação dos outros recursos naturais, já que o *comportamento da fase terrestre do ciclo hidrológico reflete diretamente as condições, os usos e cobertura do terreno (solo, vegetação, etc.) de onde ela emana*. Ainda segundo o mesmo autor a manutenção da qualidade e quantidade de

água em córregos e ribeirões está ligada ao que chamou de mecanismos naturais de controle que constituem os serviços proporcionados pelo ecossistema, sendo um destes mecanismos a relação estreita entre a cobertura vegetal nativa e a água. Em Minas Gerais, segundo a COPASA (2013), são realizadas ações sistemáticas de controle, monitoramento, recuperação e conservação dos mananciais de seu interesse. Em seu sítio na rede mundial de computadores fica clara a importância de se conservar os mananciais e o custo destas ações de conservação e recuperação.

Seguindo esta mesma linha, Davies & Mazumder (2003) citados por Alipaz (2010) afirmam que a gestão de mananciais destinados ao abastecimento público tem grande importância na redução dos custos e riscos às águas disponibilizadas à população.

Ainda em Minas Gerais, estratégias de conservação vêm sendo aplicadas ao longo das últimas décadas na esperança de proteger importantes mananciais de captação. Desde a década de 1980 a COPASA e o Governo do Estado vêm buscando a proteção de diversas áreas que têm potencial para o abastecimento de água. A decretação pelo poder público de áreas de proteção especiais - APEs, tais como a APE do Ribeirão do Urubu – Decreto 21.280/1981 em Pedro Leopoldo, da APE Veríssimo – Decreto 22.055/1982 em Ouro Branco, APE Bálsamo e Rola Moça - Decreto 22.110/1982 e Mutuca – Decreto 21.372/1981, em Belo Horizonte, são exemplos da tentativa de criar uma restrição ao uso destas áreas, buscando manter a cobertura vegetal nativa e assim proteger estes mananciais. Com os limites definidos coincidindo geralmente com os limites das bacias de contribuição, a grande maioria destas APEs somente atingiram seu objetivo de proteção após terem se transformado em Unidades de Conservação de proteção integral conforme determina o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC ou terem parte de suas áreas adquiridas pela COPASA. Hoje, as APEs de Bálsamo, Rola Moça, Taboões, Catarina, Barreiro e Mutuca com seus mananciais, estão quase que totalmente protegidas pelo Parque Estadual da Serra do Rola Moça, que entre outras, tem a atribuição de proteger os mananciais. A APE Veríssimo tem parte de sua área protegida pelo Parque Estadual da Serra de Ouro Branco. Nestes dois casos, as captações ainda estão ativas. Já a APE do Ribeirão Urubu não teve nenhuma proteção adicional e teve a área de sua bacia de contribuição ocupada indiscriminadamente pelas atividades agropecuárias e pela expansão urbana. A própria COPASA já descartou esta área como um manancial viável em ofício enviado ao Instituto Estadual de Florestas – IEF (anexo 01). Da mesma forma, várias outras áreas vêm sendo pressionadas pelas diversas atividades humanas, correndo o risco de se tornarem técnica e/ou economicamente inviáveis.

Figura 6 – Manancial Catarina: Parque estadual da Serra do Rola Moça



Fonte: - IEF - Evandro Rodney

Outro importante exemplo de manancial protegido está em Montes Claros – MG, de responsabilidade também da COPASA e que está dentro dos limites do Parque Estadual da Lapa Grande – Decreto 44.204/2006. Numa região com sérios problemas de disponibilidade hídrica, inserida no polígono da seca, este manancial atende a 30% da necessidade de água para esta cidade, o que corresponde ao atendimento de aproximadamente 120 mil habitantes.

A importância destes espaços reside na necessidade de se manter o fornecimento, sempre crescente de água tratada para a população e para a indústria e o comércio. Segundo a COPASA (2013), responsável por atender aproximadamente 71% da população do estado de Minas Gerais, ou aproximadamente 14,6 milhões de pessoas, são necessários hoje altos investimentos para manter áreas fora de UCs em condições de fornecer água de qualidade e em quantidade adequada. A própria concessionária reconhece em seu sítio na rede mundial de computadores que *a preservação dessas áreas vem garantir a perpetuidade das características qualitativas e quantitativas dessas fontes de abastecimento* (COPASA, 2013, grifo nosso).

A água bruta captada em mananciais que não contam com a proteção de alguma UC ou de alguma área institucional em geral é de pior qualidade.

3.3. BACIA DE CONTRIBUIÇÃO OU BACIA HIDROGRÁFICA

Por definição bacia hidrográfica ou bacia de contribuição é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997). Segundo Lima (1999) citado por Reis (2004) é um sistema geomorfologicamente aberto, que recebe energia através de elementos climáticos e as perde por deflúvio.

Utilizada como unidade de intervenção, manejo e gestão proposta pela Agenda 21 na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 – ECO – 92 no Rio de Janeiro, o conceito de bacia hidrográfica apresenta vantagens e desvantagens na sua utilização. A vantagem é que a rede de drenagem representa boa parte das relações de causa-efeito que envolve os recursos hídricos. A desvantagem é que os limites da bacia quase sempre não coincidem com os limites geopolíticos de municípios e estados e as relações de causa-efeito passam a incorporar os aspectos políticos e econômicos (REIS, 2004).

Como unidades de intervenção e gestão, tem-se a possibilidade de trabalhar com as bacias hidrográficas em diferentes escalas. Assim avaliar uma bacia hidrográfica de um grande rio ou uma microbacia de um pequeno córrego tem implicações distintas e resultados diferentes. Numa escala macro, considerando uma grande região ou uma grande bacia hidrográfica, a disponibilidade natural de água quantificada pelo balanço hídrico pode ser um referencial de sustentabilidade dessa bacia. Já numa escala micro, onde a unidade de manejo seja uma pequena propriedade rural com a bacia de um pequeno córrego, o uso da área com a qualidade de seu manejo e distribuição da cobertura vegetal, são condições que influenciam na compactação do solo e conseqüentemente na infiltração. A infiltração é um dos mais importantes fatores hidrológicos, e nestas condições pode ser considerada como um bom indicador da sustentabilidade dessa pequena bacia. Na escala meso, podemos destacar outros indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos, como as condições das áreas de preservação permanentes - APP, os traçados de estradas e as condições de uso e ocupação da bacia (LIMA, 1999 *apud* REIS, 2004).

As experiências de manejo das bacias hidrográficas só ganharam dimensão e passaram a ser uma preocupação a partir da propagação dos impactos gerados pela utilização inadequada de suas áreas, principalmente próximas a grandes cidades, que refletiam através

dos cursos d'água e que começaram a se manifestar economicamente de forma desfavorável (LANNA, 1995 *apud* REIS, 2004).

Dearmont e outros (1997) citados por Alipaz (2010) estimaram os custos do tratamento de água numa escala municipal em função da qualidade da água bruta superficial, sendo os sedimentos o principal indicador da qualidade da água e verificaram que aproximadamente 70% dos sólidos em suspensão eram provenientes de fontes difusas de poluição na bacia hidrográfica. Estes sólidos transportavam ainda contaminantes químicos como fertilizantes, pesticidas e agrotóxicos que aderiam às partículas de solo. Os mesmos autores constataram que cada 1% de acréscimo na turbidez da água bruta determina 0,25% de aumento do custo de tratamento.

Surgem então experiências como as de Nova York nas bacias de *Catskill, Delaware e Croton* ou de São Paulo na bacia do Jaguari - sistema Cantareira, com ações de conservação de mananciais de abastecimento público.

No caso de Nova York, as autoridades concluíram que seria economicamente e financeiramente mais viável, investir na conservação das bacias que protegiam os mananciais de abastecimento da cidade do que construir e manter uma nova estação de tratamento de água (IUCN & WWF, 2003). As águas provenientes das bacias de *Catskill, Delaware e Croton*, historicamente eram de boa qualidade, mas ao longo do tempo foram perdendo suas características originais sendo necessário acrescentar novas unidades de filtração. O receio de que a ocupação destas bacias e o aumento das atividades antrópicas ali desenvolvidas alterasse de forma negativa a disponibilidade de água em quantidade e qualidade chamou a atenção das autoridades responsáveis.

Assim, em 1997 foi assinado um grande acordo chamado *New York City Watershed Memorandum of Agreement*. Este acordo colocou de um lado os interesses dos usuários de água da parte mais baixa da bacia, preocupados com a manutenção das boas condições dessa água e do outro, os interesses dos usuários da parte mais alta com suas expectativas de uso econômico de suas propriedades ali inseridas.

O acordo é um programa de gerenciamento de longo prazo que passa pela aquisição de terras, novas regras de utilização das áreas da bacia, apoio financeiro para os usuários proprietários e moradores da região com o objetivo de promover o seu desenvolvimento econômico mantendo a qualidade ambiental. À época, estimou-se o custo do programa em 1,5 bilhão de dólares norte-americanos em investimentos a serem aplicados ao longo de dez anos e no seu final esperava-se evitar a necessidade de investimento de novas estruturas de

tratamento estimadas entre 6 e 8 bilhões de dólares americanos, além de um custo anual adicional de operação de 300 a 500 mil dólares. Neste mesmo acordo a população de Nova York concordou em pagar mais pela água para a formação de um fundo que mantivesse o programa (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2013). O programa foi renovado em 2011 por mais 15 anos e prevê investimentos de mais 100 milhões de dólares norte-americanos na sua manutenção (NYC ENVORINMENTAL PROTECTION, 2013).

Figura 7 – Bacias Hidrográficas de Catskill, Delaware e Croton



Fonte: Watershed Agricultural Council (2013).

Na experiência brasileira em São Paulo, a Agência Nacional de Águas – ANA lançou no final da década de 1990 o programa Produtor de Água. Numa mostra de que os aspectos ambientais não respeitam fronteiras, Minas Gerais, reconhecida como a caixa d'água do Brasil, tem na região da serra da Mantiqueira, no sul do estado um exemplo claro desta constatação. Extrema, cidade mineira localizada na divisa com o estado de São Paulo está inserida em uma região com inúmeras nascentes e é um dos quatro municípios que integram a bacia hidrográfica Piracicaba-Capivari-Jundiá - Bacia PCJ. A sub-bacia dos rios Jaguari e Jacareí que cortam a região de Extrema é responsável por 1/3 das águas que abastecem a região metropolitana de São Paulo pelo sistema Cantareira, sistema este que atende a mais de 9 milhões de pessoas (THE NATURE CONSERVANCY, 2011).

Neste contexto e com a evolução desse projeto que se iniciou em 1999 com a melhoria de estradas rurais e construção de bacias de contenção e monitoramento dos principais cursos d'água do município, nasceu em 2005 no município de Extrema o programa “Conservador das Águas” que estimula, pelo pagamento por serviços ambientais, produtores rurais a cercarem, recuperarem e conservarem as APPs secas e úmidas dentro de suas propriedades. Estas práticas e manejos conservacionistas e de melhoria da cobertura vegetal contribuem para a diminuição da erosão e da sedimentação e melhoram a infiltração de água, garantindo assim uma melhor qualidade e o aumento da disponibilidade hídrica da bacia. Os esforços de recuperação e conservação ambientais empregados em Extrema no estado de Minas Gerais geram benefícios à população da cidade de São Paulo, reforçando o caráter difuso das questões ambientais. O repasse financeiro aos produtores é feito pelo poder executivo do município, amparado por uma lei municipal – Lei 2.100/05 com recursos vindos do Comitê de Bacia do PCJ (THE NATURE CONSERVANCY, 2011). O programa de Extrema - MG é um bom exemplo de pagamento por serviços ambientais.

Experiências como as de Nova York ou as de São Paulo são exemplos de ações e da necessidade de conservação de mananciais de abastecimento público e demonstram a importância em ordenar e adequar o uso das bacias de contribuição, protegendo-as para um fornecimento seguro de água. São exemplos também do pagamento por serviços ambientais reconhecendo o esforço de proteção de uns gerando ganhos para todos.

Contudo, Reis (2004) lembra que a conservação de uma área com vegetação nativa ou a recuperação de outra pode ser bom para a manutenção dos recursos hídricos associados a elas, mas influenciam a vida das pessoas que dependem economicamente de sua exploração e têm sua própria ideia de como utilizar estas áreas. Os benefícios advindos da adoção de boas

práticas não são suficientes para estimular sua adoção, pois não trazem resultados econômicos de curto prazo.

3.4. A COBRANÇA DA ÁGUA NOS COMITÊS DE BACIA

Instituída pela lei 9.433 de 1997 a cobrança pelo uso da água é uma das ferramentas de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos. Como forma de estabelecer o uso racional deste bem ambiental este instrumento ainda busca indicar à sociedade o real valor da água, além de captar recursos para financiar a recuperação das bacias hidrográficas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013), recuperando assim os serviços por elas prestados.

Considerado como remuneração pelo uso de um bem público esta cobrança não tem caráter de imposto e seu valor é fixado pelos comitês de bacia através de um pacto entre os usuários da água, a sociedade civil e o poder público.

Em Minas Gerais os comitês se organizam com o apoio do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM através da Gerência de Apoio aos Comitês de Bacias Hidrográficas, que recebe em seu sítio na internet uma página informativa⁷. Lá é possível identificar a forma de participação de todos os atores interessados na gestão dos recursos hídricos.

Em Minas Gerais são 36 (trinta e seis) as unidades de planejamento e gestão com seus respectivos comitês que foram criados e organizados entre 1998 e 2009.

Os braços executivos dos comitês são as Agências de Bacias, prestando suporte administrativo, técnico e econômico, sendo criadas por decreto do Poder Executivo mediante autorização legislativa. A legislação estadual, Lei 13.199/99 em seu artigo 45 permite que as associações ou consórcios intermunicipais de bacias hidrográficas entre outras legalmente constituídas, sejam a elas equiparadas para o exercício das funções das agências de bacias, até que estas sejam criadas (IGAM, 2013).

Hoje existem 5 (cinco) entidades equiparadas em funcionamento a saber:

- a) Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – ABHA: Entidade Equiparada à Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (UPGRH PN2);
- b) Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo – AGB Peixe Vivo: Entidade Equiparada à Agência das Bacias Hidrográficas

⁷ Disponível no endereço <http://comites.igam.mg.gov.br>.

do Rio das Velhas (UPGRH SF5), do Entorno da Represa de Três Marias (UPGRH SF4) e do Rio Pará (UPGRH SF2), dos Afluentes do Alto São Francisco (UPGRH SF1) e dos Rios Jequitaiá e Pacuí (UPGRH SF6);

- c) Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP: Entidade Equiparada à Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Preto e Paraibuna (UPGRH PS1) e dos Rios Pomba e Muriaé (UPGRH PS2);
- d) Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – Consórcio PCJ: Entidade equiparada - Agência da Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba e Jaguari (UPGRH PJ1);
- e) Instituto BioAtlântica – IBIO: Entidade equiparada - Bacia Hidrográfica dos Comitês dos rios Piranga, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu.

A Tabela 1 mostra os valores de cobrança instituídos pelos comitês de bacia com as agências já constituídas.

Tabela 1 – Valor de cobrança pelo uso da água

Comitê	Tipo de uso	Unidade	Valor (R\$) 2011/2012	Valor (R\$) 2013	Valor (R\$) 2014	Valor (R\$) 2015
Bacia Paraíba do Sul	Captação de água bruta	R\$/m ³	0,01	X	X	X
Bacia Paraíba do Sul	Consumo de água bruta	R\$/m ³	0,02	X	X	X
Bacia Paraíba do Sul	Lançamento de efluentes	R\$/kg de DBO	0,07	X	X	X
Bacia PCJ	Captação de água bruta	R\$/m ³	0,01	X	X	X
Bacia PCJ	Consumo de água bruta	R\$/m ³	0,02	X	X	X
Bacia PCJ	Lançamento de efluentes	R\$/kg de DBO	0,10	X	X	X
Bacia do São Francisco	Captação de água bruta	R\$/m ³	0,01	X	X	X
Bacia do São Francisco	Consumo de água bruta	R\$/m ³	0,02	X	X	X
Bacia do São Francisco	Lançamento de efluentes	R\$/kg de DBO	0,07	X	X	X
Bacia do Rio Doce	Captação de água bruta	R\$/m ³	0,018	0,021	0,024	0,030
Bacia do Rio Doce	Lançamento de efluentes	R\$/kg de DBO	0,100	0,120	0,150	0,160

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da Agência Nacional de Águas (2013).

3.5. A RELAÇÃO ENTRE CONSERVAÇÃO, QUALIDADE E QUANTIDADE

A hipótese deste estudo sugere que uma adequada cobertura vegetal exerce uma proteção aos cursos d'água, mantendo uma melhor qualidade desta água no que se refere a uma menor turbidez, um melhor índice de cor e uma adequação da acidez aos parâmetros legalmente instituídos para tais referências. Relembrando, estes são os parâmetros que mais oneram o tratamento de água (DONADIO *et al.* 2005). Bacias com um percentual maior de cobertura florestal ou de vegetação nativa sem alterações pressupõem uma menor interferência antrópica e estão submetidas a uma menor carga de esgotos urbanos e industriais, além de um menor volume de matérias provenientes da erosão do solo (REIS, 2004 p. 142). Ainda segundo Reis (2004) os dois principais problemas de conservação da água são a quantidade disponível e a qualidade da água para um determinado fim.

Segundo Dudley e Stolton (2003) a floresta não perturbada, com o seu sub-bosque, sua serapilheira e o solo organicamente enriquecido é a melhor cobertura para a bacia hidrográfica quando o objetivo é minimizar a erosão hídrica. Qualquer atividade - como a coleta de lixo, o fogo, o pastoreio ou o desmate na exploração madeireira - remove essa proteção aumentando a erosão. Minimizando a erosão hídrica, as florestas reduzem o problema da sedimentação e o transporte ou a deposição das partículas do solo em cursos d'água. Solo em suspensão no abastecimento de água potável ou na água para a irrigação pode torná-la imprópria para uso, ou aumentar muito os custos de limpeza (WORLD WILD FUND FOR NATURE – WWF, 2003, p. 13, tradução nossa⁸).

Segundo Tundisi & Tundisi (2010) a remoção da vegetação e o uso intensivo das bacias hidrográficas comprometem todos os principais serviços ambientais e “a deterioração da qualidade da água aumenta substancialmente os custos do tratamento para abastecimento público. Áreas protegidas com mananciais de boa qualidade necessitam de pouco investimento em tratamento”. Nestas condições, explicam os mesmos autores, os custos deste tratamento podem chegar, no máximo, a R\$2,00 (dois reais) ou R\$ 3,00 (três reais) por 1000 m³ (mil metros cúbicos).

⁸ *In addition, the undisturbed forest with its understory, leaf litter and organically enriched soil is the best watershed land cover for minimizing erosion by water. Any activity – such as litter collection, fire, grazing or scraping in logging – that removes this protection increases erosion. In minimizing water erosion, forests reduce the problem of sedimentation: the carrying or deposition of soil particles in water courses. Suspended soil in water supplies can render potable or irrigation water unfit for use, or greatly increase costs to make it useful.*

Comparando Tundisi & Tundisi (2010) argumentam:

Quando ocorre o desmatamento e aumenta a degradação dos mananciais este custo do tratamento pode chegar a R\$ 250,00 ou R\$ 300,00 por 1.000 m³. Isto decorre em função de necessidade do uso de floculantes, coagulantes e desinfetantes que devem ser adicionados para tornar a água potável. Além da deterioração dos serviços de abastecimento de água, há perda de serviços de recreação, turismo, pesca, com aumento da toxicidade e eutrofização.

Esta variação de aproximadamente 100 (cem) vezes mostra o quanto é importante a conservação de áreas de recarga e proteção de mananciais. O investimento em técnicas mais sustentáveis na exploração econômica destas áreas e em alguns casos a vedação de sua utilização em atividades que degradem a qualidade da água são fundamentais para garantir um menor custo no tratamento, além de garantir a conservação de outros serviços ambientais prestados.

Reis (2004) apresentou os resultados de seus estudos onde evidenciou que a diferença do custo de produtos químicos usados no tratamento da água proveniente de uma bacia com uma melhor cobertura florestal comparado com a água proveniente de uma bacia com uma menor cobertura é significativa. A Tabela 2 mostra a realidade no estudo desenvolvido no município de Piracicaba – SP e apresentado na tese de doutorado da autora.

Tabela 2 - Custos específicos operacionais das ETA e captações.

Município/ Manancial	Vazão Tratada (m³/s)	População Abastecida (hab)	Custo Específico de Produtos Químicos ETA***	Custo Específico Energia Elétrica ETA***	Custo Específico Produtos+ Energia Elétrica ETA***	Custo Específico Energia Elétrica Captação ETA***	Custo Específico ETA + Captação ***	% da Cobertura Florestal da Bacia
Analândia/ Afluente do rio Curumbataí	0,015	3480	18,30	0,00	18,30	50,00	68,30	17,68*
Rio Claro/ Rio Curumbataí	0,430	104.715 (60% da Pop)	47,47	33,10	80,57	79,10	159,67	12,26*
Piracicaba**/ Rio Curumbataí	1,045	330.000	62,62	28,94	91,56	101,30	192,86	12,33*
Piracicaba**/ Rio Piracicaba	0,267		92,61	11,17	103,78	6,01	109,79	4,30**
Campinas/ Rio Atibaia	3,273	911.800 (95% Pop)	81,69	6,81	88,70	60,33	149,02	8,22**
RMSP/ Sistema Cantareira (Represa)	32,000	9.000.000	7,20	0,97	8,17	36,00	44,20	27,16
Cotia e outros/ Rio Cotia (Alto Cotia) (Represa)	1,200	450.000	19,22	29,03	48,25	0,071	48,33	92,00

* dados assumidos com base em IPEF & SEMAE (2001)

** dados assumidos com base em São Paulo (2000)

*** R\$/1.000m³ de água tratada

Fonte: Reis (2004, p. 141).

Em outro estudo, Ernst e outros (2004) pesquisaram junto a empresas de saneamento nos Estados Unidos da América e demonstraram que há uma redução de 20% nos custos de tratamento mediante um incremento de 10% na cobertura florestal da bacia. Seguem na Tabela 3 os dados originais desse estudo e a devida conversão para valores e volumes usados na realidade brasileira.

Tabela 3 – Custos de tratamento de água

% da Bacia Preservada	Custos de Tratamento químico por 1000 m ³	% de Alteração nos Custos
10%	R\$73.290,00	19%
20%	R\$59.270,00	20%
30%	R\$46.520,00	21%
40%	R\$36.960,00	21%
50%	R\$29.320,00	21%
60%	R\$23.680,00	19%

Fonte: Adaptado pelo autor de Ernst *et al.* (2004).

Equivalência de moedas de US\$1,00 = R\$2,4124⁹.

Equivalência de medidas de volume - 01 galão = 3,7854 litros

Na conversão acima se conclui como esperada a evolução na queda dos custos de tratamento obedecendo à mesma proporção tratada pelo pesquisador e demonstrada na Tabela 3. Sesta forma, descontando 20% dos custos de tratamento a cada 10% de acréscimo na área de conservação da bacia, em uma bacia totalmente preservada o custo de tratamento para cada m³ de água seria de R\$9,70.

Da mesma forma a quantidade de água que infiltra e reabastece os lençóis está intimamente ligada à cobertura e uso do solo.

A infiltração é o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo. Ela depende de diversos fatores dos quais podemos destacar a umidade, a estrutura e a textura do solo e a sua cobertura vegetal. Dos mais importantes parâmetros do ciclo hidrológico a infiltração juntamente com a precipitação, determinam a quantidade de água que fica disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento dos lençóis subterrâneos. Condições adequadas de infiltração que incluem a cobertura vegetal e a não compactação do solo, diminuem o escoamento superficial, e reduzem as enchentes dos cursos d'água (SILVA e KATO, 1998).

⁹ Cotação do dólar americano em 31/01/2014 disponível em <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>

Em diversos estudos publicados, fica clara a importância da conservação e uso do solo na manutenção da capacidade de infiltração e reabastecimento dos lençóis subterrâneos. Calouro (2005), Muschler (2000), Barbera – Castillo (2001), citados por Mendonça e outros (2009) concordam que a manutenção de árvores e de demais tipos de vegetação sobre o solo aumenta o aporte de matéria orgânica, mantendo a umidade, aumentando a capacidade de absorção e infiltração de água, reduzindo o risco de erosão e estimulando a atividade biológica.

Sartori e outros (2005) comentam que diante da escassez dos recursos hídricos seja pelo aumento de sua demanda para atender ao crescimento, seja pela diminuição de sua oferta, é necessário *considerar a influência do uso e do tipo de solo no escoamento superficial e por consequência na infiltração, seja para analisar o potencial do escoamento num futuro próximo ou para planejar a conservação de uma microbacia.*

Mendonça (2001) citado por Mendonça e outros (2009) demonstra que para áreas desmatadas na Floresta Nacional do Araripe – FLONA Araripe no Ceará houve um aumento da densidade aparente do solo com uma redução da umidade, porosidade, da matéria orgânica, e condutividade hidráulica, levando a uma redução na capacidade de infiltração.

Para a mesma área Mendonça e outros (2009) em seu estudo constataram que para áreas com cobertura vegetal nativa, sem interferência ou com baixa interferência antrópica a capacidade de infiltração chegou a ser superior a 7 vezes a de solos submetidos a grande interferência humana. Neste estudo o pesquisador dividiu o uso do solo em quatro grupos, a saber, (MENDONÇA *et al.* 2009 p. 92):

- *Grupo 1: áreas de floresta úmida preservada e de cerrado desmatado e abandonado em recuperação;*
- *Grupo 2: área de manejo de vegetação nativa, áreas desmatadas abandonadas e em recuperação, áreas de eucalipto e de pastagem abandonadas e áreas de cultivo próximas a floresta úmida ou consorciado com vegetação nativa;*
- *Grupo 3: área de manejo de eucalipto em diversas fases de crescimento, área de cerrado preservada e susceptível a incêndios consecutivos, áreas desmatadas sem critério e áreas de manejo de vegetação nativa com clareiras;*
- *Grupo 4: área de manejo de eucalipto em diversas fases de crescimento, área de manejo de vegetação nativa com clareiras, áreas de cultivos abandonados e de cerrado desmatado com solo exposto e indícios de processos erosivos.*

Os dados de infiltração levantados pelos autores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Capacidades médias de infiltração inicial (fpo) e final (fpc) por grupo

GRUPO	FPO(CM/MIN)	FPC(CM/MIN)
1	6,95 a	3,60 a
2	2,15 b	0,95 b
3	1,70 b	1,30 b
4	1,35 b	0,50 b

a, b: médias na mesma coluna seguidas por mesma letra minúscula não diferem pelo teste LSD ($p > 0,05$).
Fonte: Mendonça *et al.* (2009 p. 94).

Em estudo similar no município de Lontras em Santa Catarina, região sul do Brasil, ficou evidenciada que dentre as atividades de uso do solo pesquisadas a que apresentou a menor capacidade de infiltração foi a de pastagem perene. Tal fato pode ser explicado pelo constante pisoteio do gado sobre a área, compactando o solo e dificultando a infiltração (CAMARGO e ALLEONI, 1997 apud ANTONELI e THOMAZ, 2008). Segundo Pinheiro, Poeta Teixeira e Kaufmann (2009 p. 194) o índice de infiltração mínima nas áreas de pastagem foi de 0,1 cm/min em duas áreas distintas enquanto na área de vegetação nativa ou num plantio de pinus com sub-bosque este índice saltou para 0,9 cm/mim.

Ainda num terceiro estudo apresentado no II Simpósio de Savanas Tropicais em 2008 e realizado na região centro oeste do Brasil, próximo a Brasília, os resultados não foram diferentes. Os valores apresentados neste estudo foram convertidos para a mesma unidade de medida apresentada nos estudos anteriores para facilitar a comparação. Segundo Andrade e outros (2008), comparando a infiltração de uma área de cerrado com outra de pastagem os índices de infiltração foram respectivamente, 4,62 cm/mim e 0,27 cm/mim.

Sendo claro que em áreas preservadas e mantidas com vegetação nativa o índice de infiltração é maior comparativamente com áreas submetidas a diversos outros tipos de manejo, pode-se inferir que estas áreas preservadas prestam um serviço na manutenção da quantidade de água disponível, já que possibilitam uma melhor recarga dos lençóis pelo gradiente de água que infiltra a mais. O desafio é, a partir de dados secundários, estimar, com razoável precisão, qual é este gradiente.

Entretanto, segundo Sartori e outros (2005), vários fatores interferem no volume de água que infiltra: o tipo de vegetação, o tipo de solo, o clima, a topografia, a distribuição e a quantidade de chuva.

Como a proposta deste estudo é apresentar uma metodologia que possa ser aplicada em diferentes áreas e existindo uma variação muito grande de solos Brasil afora, buscou-se um modelagem que permitisse esta quantificação.

Diante deste quadro o modelo que mais se aproxima da realidade de forma comparativa, isto é, não realizando campanhas de campo para obtenção de dados primários, é o modelo da *Soil Conservation Service - SCS* que é utilizado para determinar a chuva excedente, ou seja, aquela parcela da precipitação que não infiltra e escoar sobre a superfície da área de precipitação. A partir de informações como o uso e tipo do solo e de sua condição de umidade anterior à chuva, o modelo permite determinar o número da curva – CN¹⁰ e simplificar o cálculo da chuva excedente. Assim, sendo possível calcular a chuva excedente, então o diferencial entre o que precipita e o que escoar é o que infiltra e abastece o lençol subterrâneo.

Este método reúne os solos dos Estados Unidos em quatro grandes grupos, conforme sua capacidade de infiltração atribuindo as letras A, B, C e D em ordem decrescente, conforme sua capacidade de infiltração. Diversos estudos (SETZER E PORTO, 1979; LOMBARDI NETO *et al.* 1989; KUTNER *et al.* 2001) citados por Sartori e outros (2005), buscam adaptar o método americano a realidade brasileira enquadrando os solos do Brasil dentro destes quatro grandes grupos. O trabalho de Sartori e outros (2005) de adaptação dos solos brasileiros ao modelo do SCS é o que melhor representa nossa realidade. A Tabela 5, retirada deste estudo traz esta classificação.

¹⁰ CN do inglês Curve Number.

Tabela 5 - Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras

Grupo Hidrológico A

- Solos muito profundos (prof. > 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm);
- Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão;
- Solos porosos com baixo gradiente textural (< 1,20);
- Solos de textura média;
- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;
- Solos bem drenados ou excessivamente drenados;
- Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;
- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa.

Enquadra-se neste grupo o:

LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.

Grupo Hidrológico B

- Solos profundos (100 a 200 cm);
- Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;
- Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50;
- Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;
- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;
- Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;
- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.

Enquadra-se neste grupo o:

LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

Tabela 5 - Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras

Grupo Hidrológico C

- Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm);
- Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão;
- São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta;
- Solos associados a argila de atividade baixa (Tb);
- A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.

Enquadra-se neste grupo o:

ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.

Grupo Hidrológico D

- Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão;
- Solos rasos (prof. < 50 cm);
- Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1;
- Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta);
- Solos orgânicos.

Enquadra-se neste grupo o:

NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Sartori *et al.* (2005).

O CN é dado pela Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas

Utilização ou cobertura do solo	Grupo de solos			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas: sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prado em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta: cobertura boa	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios, boas condições				
Com relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Com relva de 50% a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m ²)	% média impermeável			
<500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tucci *et al.* (1993).

Segundo apresentação da Universidade Técnica Federal do Paraná - UTFPR a hipótese do modelo do SCS traz (UNIVERSIDADE TÉCNICA FEDERAL DO PARANÁ, 2013):

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad (3.1)$$

Continuando:

$$Pe = P - \frac{(Ia + S)^2}{P - Ia + S} \quad (3.2)$$

Estudos do SCS em diversas bacias levaram ao resultado de $Ia = 0,2 * S$ (TUCCI et.al 1993).

Assim, a chuva excedente é calculada pela equação:

$$Pe = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S}, P > (0,2 * S) \quad (3.3)$$

A Infiltração potencial S é dada pela seguinte expressão:

$$S(mm) = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3.4)$$

Considerando as seguintes definições:

P = Chuva ou Precipitação total;

Pe = Chuva ou Precipitação excedente;

Ia = Infiltração inicial;

Fa = Infiltração após o início escoamento superficial direto;

S = Infiltração potencial máxima;

CN = *Curve Number* ou Número da Curva.

3.6. UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO COMO GARANTIA DE PROTEÇÃO

Tratar a água proveniente de uma área protegida por uma Unidade de Conservação é muito diferente do tratamento a ser dado para aquela que foi captada de uma bacia sem a devida proteção.

A COPASA em seu sítio na rede mundial de computadores quando fala da importância dos mananciais se manterem preservados, destaca que: é para *garantir a perpetuidade das características qualitativas e quantitativas dessas fontes de abastecimento* (grifo nosso). Esta perpetuidade é garantida quando tratamos de áreas protegidas por UC. A desafetação¹¹ de uma unidade de conservação só é possível por lei específica conforme prevê o SNUC (BRASIL, 2000). Assim, até que se vote uma lei destinando a área de uma UC para outro fim, a preservação desta área estará garantida.

¹¹ Processo de mudança de destinação de um bem público.

Esta proteção tem um valor e valorar a garantia de proteção gerada pela Unidade de Conservação ao manancial de captação beneficiará o empreendedor com um tempo de retorno para seu investimento muito mais longo e garantirá as adequadas características do insumo essencial ao seu negócio. Garantir que se possa valorar tal proteção é fundamental para a devida remuneração do serviço.

Mesmo com toda a dificuldade existente, as UCs têm conseguido manter o caráter de proteção às áreas, sendo rara a sua destinação para outro fim. Os projetos de lei propondo a desafetação de áreas não têm conseguido vencer as justificativas técnicas de conservação.

Proteger importantes áreas, muitas vezes com potencial produtivo, exige procedimentos adequados e estudos fundamentados. As UCs no Brasil têm regulamento próprio e Minas Gerais segue a lei federal.

3.7. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS PROTEGIDAS

No final do século XIX nos Estados Unidos, surgiu a primeira área natural legalmente protegida. Mesmo antes da criação do conceito de Unidade de Conservação, surge o Parque Nacional Yellowstone que teve sua criação creditada à iniciativa dos exploradores do rio de mesmo nome em preservar as belezas naturais daquela área. Em 1º de março de 1872 o congresso americano promulga a ata de criação do parque que se torna assim a primeira unidade de conservação do mundo (COSTA, 2002). Antes dele, na área do atual Parque Nacional de *Yosemite*, o presidente americano Abraham Lincoln já havia decretado a área como “inalienável em qualquer tempo” em 30 de junho de 1864, tornando-se assim a primeira área de preservação (COSTA, 2002).

Mundo afora e seguindo o exemplo americano foram surgindo outras áreas declaradas com o intuito de proteção e conservação. Na Europa, em 24 de maio de 1909, a Suécia cria 9 parques nacionais: Parque Nacional de *Abisko*, Parque Nacional de *Ängsö*, Parque Nacional de *Pieljekaise*, Parque Nacional de *Hamra*, Parque Nacional de *Sarek*, Parque Nacional de *Stora Sjöfallet*, Parque Nacional de *Sånfjället*, Parque Nacional de *Gotska Sandön* e Parque Nacional de *Garphyttan*. Em reconhecimento, nesta data é comemorado o dia Europeu de Parques Naturais (WIKIPÉDIA, 2014).

Figura 8 – Foto histórica do *Yosemite National Park*



Fonte: *National Park Service* (2013).

No Brasil, inspirado na criação do *Yellowstone National Park* o engenheiro e político André Rebouças propôs em 1876 a criação dos Parques Nacionais de Sete Quedas, em Foz do Iguaçu no Paraná e da Ilha do Bananal em Goiás. Contudo, somente em 1937 surge o primeiro parque nacional: o Parque Nacional de Itatiaia na divisa de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Seguiram-se a partir daí a criação de diversas outras unidades (COSTA, 2002).

Em Minas Gerais, o primeiro parque a ser criado foi o Parque Estadual do Rio Doce que é hoje a maior porção protegida de Mata Atlântica de Minas Gerais contando com

aproximadamente 36 mil hectares de área sob proteção. Criado em 14 de Julho de 1944 pelo Decreto Lei n.º 1.119, a gestão desta UC é de responsabilidade do IEF (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2014).

No Brasil o conceito de Áreas Protegidas e Unidades de Conservação se confundem. De acordo com a *International Union for Conservation of Nature – IUCN* (2008), área protegida é:

Espaço geográfico claramente definido, reconhecido, dedicado e gerido por meios jurídicos e outros meios eficazes, para alcançar a conservação de longo prazo da natureza, dos serviços ecossistêmicos e aos valores culturais associados (tradução nossa¹²).

No Brasil, depois de mais de dez anos de discussões, foi aprovada a lei federal 9.985/2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC que definiu assim uma Unidade de Conservação (BRASIL, 2000, p. 7):

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Os estados, de forma subsidiária podem criar seus próprios sistemas estaduais de Unidade de Conservação. O Estado de Minas Gerais reproduz a lei federal que divide as Unidades em dois grandes grupos: as de proteção integral e as de uso sustentável. A diferença fundamental entre estes dois grupos é quanto ao nível de proteção estabelecido pelo uso dos recursos naturais destas áreas. Enquanto no uso sustentável é permitido com restrições o uso dos recursos naturais da UC, nas unidades de proteção integral o uso direto destes recursos é proibido (BRASIL, 2000).

São unidades de uso sustentável:

- a) APA – Área de proteção ambiental;
- b) RESEX – Reserva extrativista;
- c) RDS – Reserva de desenvolvimento sustentável;
- d) ARIE – Área de relevante interesse ecológico;

¹² *A protected area is a clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values.*

- e) FLO – Floresta;
- f) REF – Reserva de fauna;
- g) RPPN – Reserva particular do patrimônio natural.

São unidades de proteção integral:

- a) REBIO – Reserva Biológica;
- b) EE – Estação Ecológica;
- c) PQ – Parques;
- d) REFVS – Refúgio da Vida Silvestre;
- e) MONA – Monumento Natural.

No Brasil, sob a responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade – ICMBio, órgão de gestão das unidades federais, existem hoje aproximadamente 64,4 milhões de hectares de UCs, sendo 36,1 milhões de proteção integral e 28,3 milhões de uso sustentável (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2014). A recomendação da IUCN é que sejam reservados pelo menos 10% dos diversos biomas mundiais para a conservação a fim de se garantir um mínimo aceitável de proteção (IUCN, 2008).

As áreas protegidas incluem além das unidades de conservação, outras instituídas legalmente, mas que não estão resguardadas pelo SNUC. São exemplos de áreas protegidas fora do SNUC as áreas de preservação permanente – APP e as reservas legais – RL. Tem-se ainda em Minas Gerais as Áreas de Proteção Especiais – APE, que se enquadram claramente como área protegida e não como UC tomando como base o SNUC.

Em Minas Gerais, das 91 (noventa e uma) UCs criadas¹³ pelo estado, 39 (trinta e nove) tem em seu objetivo de criação a proteção de recursos hídricos. Isto representa um percentual de mais de 46%¹⁴. O fato de não estar a proteção aos recursos hídricos nos objetivos de criação da unidade não significa dizer que nas demais áreas não exista a proteção destes recursos. Estas áreas perfazem um total de 2,255 milhões de hectares, sendo 560 mil hectares de proteção integral e 1,695 milhões de hectares de uso sustentável. Isto representa um total de pouco mais de 4,5% da área do estado protegida por UCs estaduais. Se compararmos este percentual com a obrigação de formalização das reservas legais pelos proprietários rurais que

¹³ Não foram consideradas as RPPNs nesta contagem. Estas áreas são de gestão particular.

¹⁴ Dados levantados pelo autor. Disponível como anexo 2.

é de 20% fica claro que é enorme o esforço de ampliar a conservação no estado por meio da criação de unidades de conservação.

As RPPNs, criadas por iniciativa popular são unidades de conservação de uso sustentável, embora todas as restrições impostas pelo SNUC a faça se aproximar de uma UC de proteção integral. Gravadas com perpetuidade a margem do registro do imóvel, são verdadeiros atos de doação à sociedade, tendo em vista que sofrem de severas restrições de uso e a gestão e a proteção ficam a cargo dos particulares que as criaram. Em Minas Gerais, existem hoje mais de 170 (cento e setenta) RPPNs criadas e cadastradas como estaduais (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2013).

Já as APEs, que formalmente não se enquadram como unidades de conservação senso SNUC, encontraram na alteração do artigo 24 da lei estadual 14.309/2002 em 12/01/2011 pela lei 19.484, o reconhecimento como sendo UC de uso sustentável. Criadas a partir do início da década de 1980, num momento onde as políticas públicas de conservação ambiental ainda eram incipientes, estas áreas buscavam criar restrições ao uso e ocupação de extensas áreas a fim de protegê-las das diversas atividades antrópicas que poderiam degradá-las e comprometer a integridade de mananciais estratégicos para fornecimento público de água. Com a revogação da Lei 14.309/2002 e a promulgação da lei 20.922 de 16 de Outubro de 2013 as APEs receberam um tratamento especial. Em seu artigo 43 parágrafo 6º a lei dispõe sobre a necessidade de reavaliação das APEs para o seu enquadramento em categoria de UC prevista em lei (MINAS GERAIS, 2013).

As 23 APEs protegem diversas áreas e dentre estas 17 (dezesete) têm finalidade de proteger recursos hídricos para fins de captação de água pela COPASA. Como já citado anteriormente, 12 (doze) destas áreas estão hoje sob proteção adicional de outras categorias de manejo caracterizadas pelo SNUC e, nestes casos, continuam a cumprir seus objetivos. Outras, que não receberam esta proteção adicional, tiveram uma ocupação tão intensa que já não se prestam como captação. E há ainda outras, que podem perder esta possibilidade por estarem sendo descaracterizadas pela ocupação desordenada de suas áreas, comprometendo a conservação da bacia de contribuição. A COPASA já reconhece formalmente como inviável para captação de água a APE do Ribeirão do Urubu (anexo 1). Hoje, com políticas públicas já consolidadas, como o licenciamento ambiental e com a lei do SNUC, responsável por proteger áreas com relevante interesse ecológico, a instituição deste tipo de mecanismo com o objetivo de proteger mananciais, não se aplica mais.

A Tabela 7 mostra todas estas áreas.

Tabela 7 – Unidades de Conservação do estado de Minas Gerais

ÁREAS PROTEGIDAS ESTADUAIS				
Categoria	N.º de UC	Área (ha)	% MG	N.º Total UC
Proteção Integral				
Estação Ecológica	11	12.559,9870	0,02	11
Reserva Biológica	2	10.198,9491	0,02	2
Parque Estadual	39	501.179,8658	0,86	39
Monumento Natural	14	10.534,2680	0,02	22
Refúgio de Vida Silvestre	6	25.611,0257	0,04	6
Sub-Total	72	560.084,10	0,96	80
Uso Sustentável				
APA	16	1.538.114,8880	2,63	16
Floresta Estadual	2	4.538,8798	0,01	2
Reserva de Desv. Sustentável	1	60.975,3171	0,10	1
Sub-Total	19	1.603.629,0849	3,75	99
RPPN	165	91.724,29	0,16	165
APE	23	501.628,4432	0,86	23
Total Geral	279	2.757.065,9181	4,71	287

Fonte: Instituto Estadual de Florestas – IEF (adaptado pelo Autor)

Como observado anteriormente, e retomando as demais áreas protegidas, o desrespeito, descuido e principalmente o desconhecimento no uso destas áreas, invariavelmente trazem perdas muitas vezes irreversíveis. A utilização de recursos florestais, feita de forma inadequada pode trazer severos impactos ambientais, comprometendo a conservação da biodiversidade e também o serviço de manutenção da disponibilidade hídrica. Por outro lado, preservar estas áreas pode criar um sério problema socioambiental, principalmente para as famílias que dependem da exploração dos recursos daquela área (NUÑEZ *et al.* 2006).

Fica claro então, que existe um custo em proteger. Criar e manter uma Unidade de Conservação desloca recursos que poderiam estar sendo utilizados em outras áreas também prioritárias. Em muitos casos a criação de UCs impõe a necessidade de desapropriação das áreas no interior da unidade criada, passando o estado a ser o proprietário destas. Estas aquisições quase nunca são uma tarefa fácil. A necessidade de se garantir a segurança adequada na utilização de recursos públicos exige uma documentação que muitas vezes não está disponível com a confiabilidade desejada. Isto torna o processo demorado, caro e conflituoso. Não menos onerosa é a manutenção destas UCs. O estado de Minas Gerais,

através do Instituto Estadual de Florestas – IEF, órgão responsável pela gestão das unidades no Estado, investiu em 2012 na manutenção destas o montante de aproximadamente 27 milhões de reais, considerando somente o investimento direto¹⁵ nas unidades não somados a este a despesa com os servidores efetivos do órgão. Em 2013 o volume de recursos ultrapassou os 30 milhões de reais.

Ainda sobre os custos, em propriedades rurais particulares a manutenção da cobertura vegetal nativa e a indisponibilidade para uso econômico nestas propriedades das RL e das APPs têm este custo suportado somente pelo proprietário da terra. Mas, os benefícios gerados por este esforço de conservação, tanto das UCs quanto das áreas protegidas em propriedades rurais particulares, são aproveitados como serviços por toda uma coletividade. A identificação dos custos e a valoração dos serviços são fundamentais para que sejam traçadas estratégias que permitam a continuidade na prestação dos mesmos. É justo que aqueles que se beneficiam dos serviços também contribuam para a manutenção das áreas participando do pagamento dos referidos custos e remunerando os serviços prestados.

3.7.1. PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO ROLA MOÇA

Criado pelo Decreto Estadual 36.071 de 27 de setembro de 1994, o Parque Estadual da Serra do Rola Moça - PESRM teve como objetivo de criação a proteção das bacias dos cursos d'água Taboões, Rola-Moça, Barreirinho, Barreiro, Mutuca e Catarina, destinadas à proteção de mananciais d'água utilizados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, além de proteger uma imensa diversidade da fauna e principalmente da flora associada aos campos ferruginosos.

Considerada uma das mais importantes áreas verdes do Estado o parque está situado na região metropolitana de Belo Horizonte nos municípios de Belo Horizonte, Ibité, Nova Lima e Brumadinho, sendo o terceiro maior parque em área urbana do país.

Os 3.941,09 hectares do parque são habitat natural de espécies da fauna ameaçadas de extinção como a onça parda, a jaguatirica, o lobo-guará, o gato-do-mato, o macuco e o veado campeiro. Situado numa zona de transição de Cerrado e Mata Atlântica é rico em campos ferruginosos e de altitude possuindo vegetação diversificada onde se destacam espécies como

¹⁵ Não foram considerados os investimentos coma estrutura de gestão da direção geral alocada na Cidade Administrativa e dos servidores efetivos alocados diretamente na gestão das UC.

orquídeas, bromélias, candeias, jacarandá, cedro, jequitibá, arnica e a canela-de-ema, sendo que esta última se tornou o símbolo do PESRM. Recentemente descrito pela geologia, o Campo Ferruginoso é muito raro com suas formações de canga, sendo encontrado apenas em Minas Gerais, no quadrilátero ferrífero, e em Carajás, no estado do Pará (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2013).

Das captações escolhidas para compor este trabalho, o PESRM protege os mananciais de Barreiro com suas águas tratadas na Estação de Tratamento de Água – ETA de mesmo nome e Rola Moça, Bálsamo e Taboões com as águas tratadas na ETA Ibirité. Como forma de reforçar o caráter de proteção dado pelas UCs às bacias de contribuição e a consequente qualidade superior alcançada devido a esta proteção, a ETA Catarina trata a água do ribeirão de mesmo nome que também tem sua bacia protegida pelo PESRM. Esta última ETA também faz parte da composição do cálculo do valor do serviço proposto. A imagem do Google Earth[®] mostrada na Figura 10 mostra o complexo de proteção do Rola Moça com os limites em branco do PESRM e das APEs de Balsamo e Rola Moça em azul claro, APE Catarina em azul escuro, APE Taboões em vermelho e APE Barreiro em amarelo. A qualidade da água captada é de classe especial. Pode-se observar que os limites do PESRM não coincidem com os limites das APEs, sendo justificável já que o parque foi criado posteriormente e contou com estudos técnicos na definição de seus limites.

Segundo a COPASA dentro dos limites do PESRM tem-se as seguintes áreas de captação:

Tabela 8 – Mananciais protegidos pelo PESRM

Manancial	Vazão ℓ/s	Área ha
Barreiro	145	880
Mutuca	200	1250
Catarina	170	387
Taboões	290	247
Bálsamo	50	391
Totais	855	3.155

Fonte: COPASA. Elaborado pelo autor

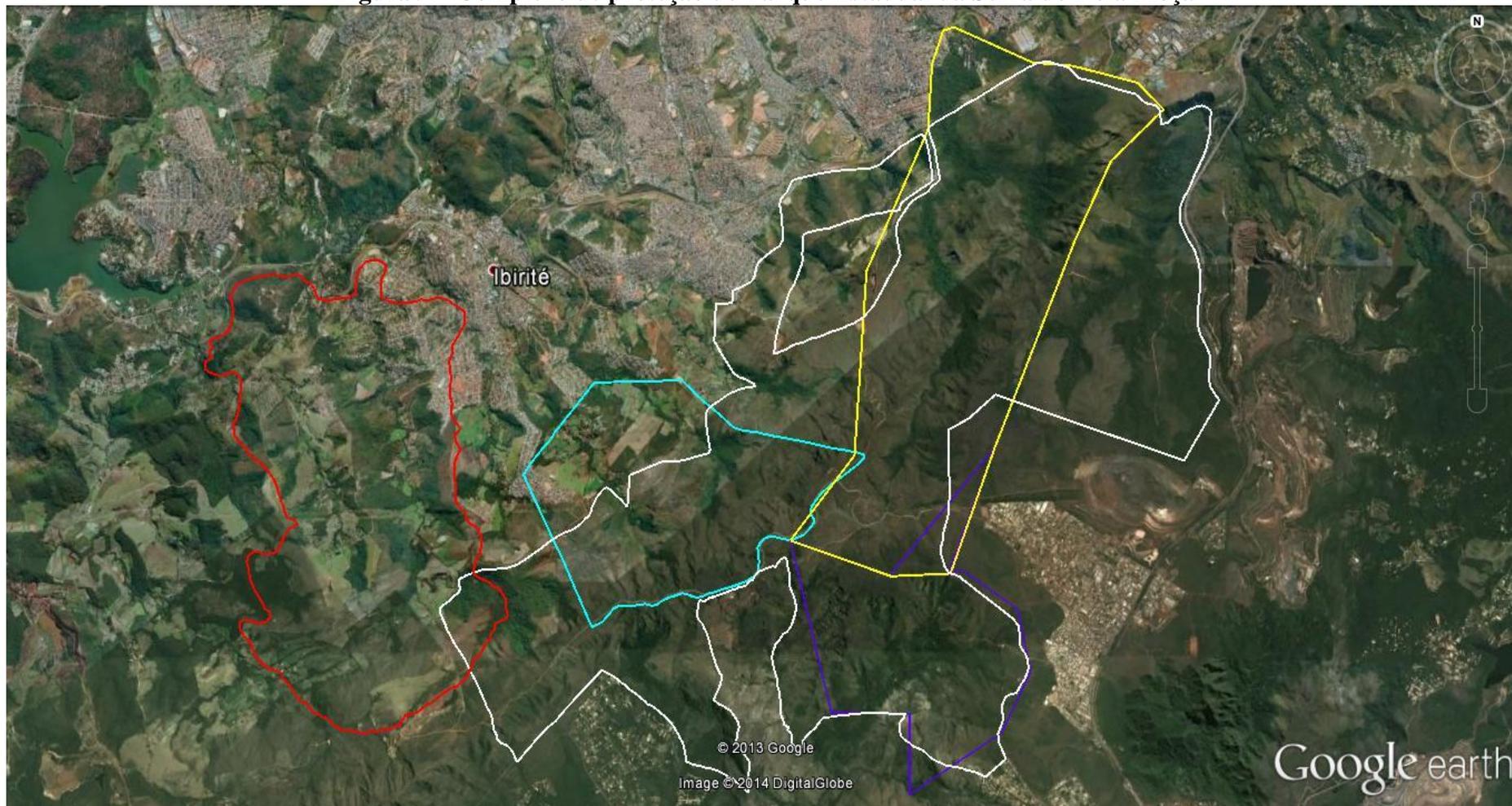
Assim, são estas as ETAS dentro de UC:

- a) ETA Ibirité – Ribeirões Rola Moça, Bálsamo, Taboões - PESRM;
- b) ETA Barreiro – Ribeirão do Barreiro - PESRM;
- c) ETA Catarina – Ribeirão Catarina - PESRM;

d) ETA Morro Redondo – Ribeirão Mutuca, Fechos e Cercadinho.

A ETA Morro Redondo trata as águas vindas do Córrego do Cercadinho inserido na Estação Ecológica do Cercadinho, do Ribeirão de Fechos inserido na Estação Ecológica de Fechos e do Ribeirão do Mutuca, inserido no Parque Estadual da Serra do Rola Moça.

Figura 9 – Complexo de proteção do Parque Estadual da Serra do Rola Moça



Fonte: Arquivos do IEF – Imagem do Google Earth®.

3.8. A PECUÁRIA DE CORTE NO BRASIL

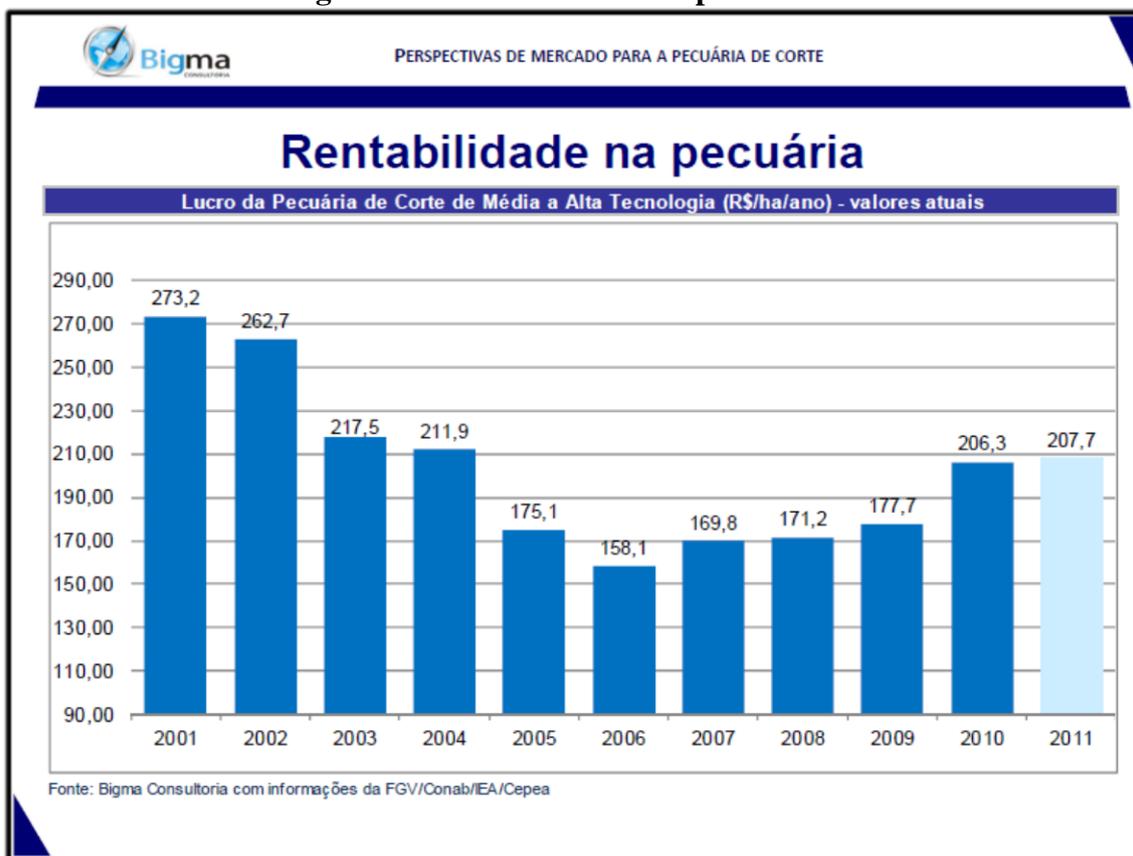
O rebanho bovino de corte brasileiro é estimado hoje em mais de 212 milhões de cabeças e se espalha de norte a sul por todo o território nacional (IBGE, 2014).

A pecuária de corte brasileira é desenvolvida em diversos níveis de tecnificação, indo desde criações intensivas, existindo confinamentos com controle informatizado de alimentação e ganho de peso, até criações extensivas e gado criado em pastagens coletivas e sem nenhum tipo de controle ou aplicação de técnicas mínimas de manejo.

Neste trabalho optou-se por utilizar a pecuária de corte como parâmetro de renda líquida utilizada na metodologia dos “Custos Evitados”, pois a atividade é uma das mais presentes em todas as regiões do Estado e, por conseguinte, no entorno de nossas UCs.

No estudo, apresentado no seminário “Perspectivas para o Agribusiness em 2011 e 2012” promovido pela Bolsa Mercantil e de Futuros – BMF e pela Bolsa de Valores de São Paulo - BOVESPA apresentado em São Paulo no ano de 2011 pela Bigma Consultoria, tem-se a evolução da rentabilidade da atividade em reais mostrada na Figura 11.

Figura 10 – Rentabilidade da pecuária de corte



Fonte: BMF/BOVESPA (2014).

Outro estudo apresentado disponível no sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Amazônia oriental (2006), dão conta da rentabilidade anual da pecuária de corte em dois cenários distintos, permitindo a comparação entre a pecuária tradicional e a pecuária intensiva.

A Tabela 9 apresenta os estudos da EMBRAPA.

Tabela 9 – Índices zootécnicos da pecuária atual e da tecnificada/intensificada

Índices de produtividade	Pecuária considerando rebanho estabilizado	
	Tradicional	Tecnificada/Intensiva
Cria		
Natalidade (%)	60 a 80	80 a 95
Mortalidade até 1 ano (%)	4 a 10	2 a 4
Mortalidade de 1 a 2 anos (%)	3 a 6	1 a 2
Mortalidade + de 2 anos (%)	2 a 4	1 a 2
Idade à desmama (meses)	8 a 12	6 a 8
Peso à desmama (kg)	140 a 180	180 a 225
Idade de cobertura (meses)	24 a 36	18 a 24
Peso de Cobertura (kg)	280 a 320	300 a 320
Idade ao primeiro parto (meses)	33 a 45	27 a 33
Peso pós-primeiro parto (kg)	330 a 400	370 a 450
Intervalo entre partos (meses)	16 a 20	14 a 16
Desfrute (machos vendidos para recria) (%)	15 a 20	20 a 24
Descarte matrizes/novilhas excedentes (%)	10 a 20	10 a 20
Relação touro/vaca (animal)	1:25 a 30	1:20 a 25
Capacidade de Suporte (U.A./ha/ano)	0,5 a 1,0	1,0 a 2,4
Recria/Engorda		
Mortalidade (%)	3 a 6	1 a 2
Desfrute (%)	27 a 30	33 a 49
Capacidade de suporte (U.A./ha/ano)	0,5 a 1,0	1,0 a 4,0
Idade de abate (meses)	36 a 48	24 a 36
Peso de abate (kg)	480 a 600	480 a 600
Ganho por animal (kg/cab./ano)	140 a 160	160 a 240
Produção por área (kg/ha/ano)	70 a 160	2540 a 720
Receita bruta por hectare (R\$/ha/ano)	126 a 288	288 a 1.152
Custo (R\$/ha/ano)	108	108 a 432
Lucratividade (R\$/ha/ano)	18 a 180	180 a 720

Fonte: EMBRAPA (2006).

Observa-se neste estudo que a receita líquida ou lucratividade como é chamada é dada em reais por hectare por ano e varia de R\$18,00 (dezoito reais) a R\$720,00 (setecentos e vinte reais). Se considerarmos a média aritmética simples deste resultado tem-se como valor

R\$274,50 (duzentos e sessenta e quatro reais e cinquenta centavos). Entretanto, considerando o estudo realizado pela Bigma consultoria, observa-se que a atividade vem mantendo a rentabilidade ao longo dos últimos 10 (dez) anos. A média aritmética simples dos valores deste estudo dá um resultado de R\$202,80 (duzentos e dois reais e oitenta centavos).

Observando os dados do estudo da EMBRAPA conclui-se que a atividade realmente sofre de uma grande flutuação nos resultados líquidos, influenciados, principalmente pela adoção de variadas técnicas de manejo e pela capacidade de investimento, em genética, alimentação e tecnologia.

Pode-se avaliar que existe uma proximidade nos valores médios da atividade nos dois estudos, demonstrando que a atividade tem se mantido estável ao longo dos últimos anos.

3.9. SERVIÇOS E BENS AMBIENTAIS: A IMPORTÂNCIA EM VALORAR

Quanto à assertividade da valoração ambiental “... é melhor estar aproximadamente certo do que precisamente errado” Acsehrad (2003, p.128).

Existe, em alguns setores, uma confusão quando se trata em separar bens ambientais de serviços ambientais. Apesar da proximidade entre os conceitos, quando se trata de valorar um ou outro é fundamental que esteja pacificado este empasse, pois ao apresentá-los deve-se fazê-lo de forma clara para que não restem dúvidas do que se pretende.

A água como bem ambiental tem seu valor econômico já definido, lembrando que os comitês de bacias hidrográficas cobram pelo seu consumo e pelo descarte de efluentes. Não cabe aqui questionar se os valores são adequados e justos. Este é um exemplo em que pode haver confusão entre bem e serviço. A água para consumo é um bem ambiental. Utilizada para a dessedentação, irrigação ou como insumo na fabricação de produtos fica claro o conceito de bem. Já no descarte de efluentes a água presta um serviço na diluição, depuração e tratamento dos mesmos. Separar bem de serviço é fundamental para a correta mensuração de um e outro.

A valoração de bens e serviços ambientais busca indicar o valor que estes possuem, tornando possível a determinação de políticas voltadas a propiciar a manutenção e conservação ambiental, conciliando-as com as necessidades econômicas da sociedade (SILVA, 1998).

Segundo d’Avignon e Caruso (2011, p. 26):

A biodiversidade, como exemplo de um bem público, não seria valorada na economia neoclássica corretamente, assim como os serviços

ambientais, os quais contribuiriam para o bem-estar humano e o sustento de famílias e seriam fonte de novos empregos qualificados em razão da definição da propriedade. Estimar adequadamente o valor econômico desses serviços ambientais é fundamental para a identificação do capital natural.

Seja em relação ao dano ambiental, seja a respeito dos ativos ambientais, os atuais métodos de valoração apresentam suas limitações e poucos são os estudos disponíveis que evidenciem avanços expressivos no sentido de uma maior objetivação desses métodos.

Acselrad (2003, p.128) citando diversos estudos (PUTTA, MUNTS, CICHETTI, *in* HOHMEYER & OTTINGER, 1991; HOLDREN, 1992) deixa claro que existe um enorme caminho a percorrer quando se trata de internalizar os custos ambientais, mas que já existe uma tendência entre os especialistas em considerar que *a ação política pode e deve ser hoje desenvolvida ao invés de esperar-se a solução das incertezas remanescentes quanto aos dados sobre custos externos, pois é melhor estar aproximadamente certo do que precisamente errado*. Ainda segundo Acselrad (2003) são evidentes os impasses, mas ainda pouco clara a natureza das dificuldades.

Assim, a importância do tema se evidencia a cada dia diante das demandas de valorar os diversos serviços ambientais e também os passivos criados pelos impactos das ações humanas que surgem de forma recorrente e que reforçam a necessidade de aprofundamento neste conceito.

Sobre a importância dos serviços ambientais afirma Brown (2003, p. 85, grifo nosso):

*[...] que os serviços prestados pelos ecossistemas podem às vezes valer mais que os bens, mas também que o valor dos serviços precisa ser calculado e incorporado aos sinais do mercado para que sejam protegidos. Embora o cálculo dos serviços não seja uma tarefa simples, **qualquer estimativa razoável é muito melhor do que assumir que os custos são zero, como ocorre hoje**. Por exemplo, uma floresta na parte superior de uma bacia hidrográfica pode prestar serviços como controle de enchente e reciclagem das chuvas no interior, muito mais valiosos do que sua produção de madeira. Infelizmente, os sinais de mercado não refletem isso, pois as madeiras que derrubam árvores não arcam com os custos da redução dos serviços. Políticas econômicas nacionais e estratégias corporativas se baseiam principalmente nos sinais do mercado. **A derrubada de uma floresta pode ser lucrativa para uma madeireira, mas é economicamente onerosa para a sociedade**.*

Stenger *et. al* citados por Alipaz (2010) afirmam que surgiram novos mercados para produtos e serviços ambientais, entre os quais a purificação da água, sendo necessário aprofundar a avaliação de sua utilização e desenvolver métodos de valoração para os produtos e serviços ambientais ligados à proteção florestal.

O Pagamento por Serviços Ambientais em Unidades de Conservação, instituto estabelecido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, lei federal 9.985 de julho de 2000, é um exemplo claro da necessidade latente da evolução dos métodos de valoração ambiental. No artigo 47 desta lei fica previsto que *deve contribuir financeiramente para a proteção e implantação da unidade* aquele que faça uso dos recursos hídricos, beneficiário da proteção proporcionada por uma unidade de conservação (BRASIL, 2000, p. 30). A sociedade, que busca um equilíbrio entre as atividades econômicas e a conservação ambiental, quer transparente o estabelecimento da parte que lhe cabe nesta busca pela sustentabilidade.

Os serviços ambientais são funções ecológicas e processos que asseguram o equilíbrio dos ecossistemas e possibilitam a sobrevivência e o bem-estar de todas as espécies no planeta (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2008). De acordo com o Relatório de Avaliação Ecosistêmica do Milênio - MEA, da sigla em inglês *Millennium Ecosystem Assessment*, serviços ambientais ou ecossistêmicos, são definidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Segundo o mesmo documento eles podem ser divididos em quatro categorias:

- a) Serviços de provisão, como comida, água, madeira;
- b) Serviços de regulação, tais como aqueles que afetam o clima, as enchentes, as doenças, a qualidade da água, entre outros;
- c) Serviços culturais, ligados a benefícios recreacionais, estéticos e espirituais;
- d) Serviços de suporte, que incluem formação de solo, fotossíntese e reciclagem de nutrientes.

Ainda segundo o relatório, cerca de 60% desses serviços foram degradados ou utilizados de forma insustentável, incluindo água pura, purificação do ar e da água, regulação climática local e regional. Essas alterações aumentam a probabilidade de mudanças aceleradas, abruptas e irreversíveis com consequências significativas para o bem-estar humano e ameaçam a sobrevivência de muitas comunidades, em especial de países em desenvolvimento, nos quais, em alguns casos, cerca de 90% do PIB está ligado à natureza ou a recursos naturais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Para Freeman (1996) citado por Pattanayak (2004) são serviços ambientais florestais: o controle da erosão, a melhoria da qualidade do solo, o incremento no volume total de água, a estabilização da distribuição de vazões e o controle de sedimentos. Podem-se citar outros,

como a estabilização do clima, a produção e guarda de material biológico com potencial farmacológico.

Provavelmente o PSA é a ferramenta mais inovadora e promissora para a conservação ambiental surgida desde a conferência Rio 92¹⁶ (WUNDER, 2006). Evidenciar a importância da conservação dos serviços ambientais e estabelecer valor a eles pode evitar *os erros dispendiosos* cometidos por países industrializados (HUFSCHMIDT *et al.* apud NOGUEIRA *et al.* 1998).

Favareto (2011, p. 132) ressalta ainda que:

[...] a natureza é vista, cada vez mais, como fundamental por sua capacidade insubstituível de prover os serviços ambientais necessários à existência humana: o fechamento do ciclo de determinados elementos químicos que seriam nocivos à saúde, a regulação climática, a formação de bacias hidrográficas, entre outros.

As Unidades de Conservação, como espaços reservados para a manutenção e conservação dos ecossistemas, prestam serviços ambientais continuamente. Áreas de recarga e bacias de contribuição protegidas prestam o serviço de manter a qualidade e quantidade da água além de atrelar à unidade a vida útil do manancial de captação.

Existe um custo em conservar e oferecer este serviço à sociedade, sendo essencial valorar os diversos serviços prestados por estes espaços naturais.

3.10. ECONOMIA, MEIO AMBIENTE E VALORAÇÃO AMBIENTAL

*Hoje em dia as pessoas sabem o preço de tudo e o valor de nada.
Oscar Wilde. In The Picture of Dorian Gray, (1891, capítulo 4).*

Estabelecer um valor ao ciclo da água ou à regulação do clima. Valorar a perda de uma espécie não descrita ou a contaminação de um rio. Definir quanto custa a recuperação e manutenção de um solo ou a proteção de um manancial. São estes exercícios dos mais desafiadores e com as maiores limitações dentro dos estudos atuais da economia.

Se recorrermos à linha do tempo, Karl Marx em sua obra, “O Capital” (1867 – 1905), lembrava que a relação entre capital e trabalho era o que definia a forma de valor para um bem ou serviço. Nesta teoria eram desconsiderados os recursos naturais que compunham a

¹⁶ Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também chamada de ECO 92 ou Rio 92, onde foram discutidas pelos líderes mundiais formas de conciliar o desenvolvimento com proteção dos ecossistemas terrestres.

elaboração dos bens e serviços. Estes eram considerados como inesgotáveis e não tinham valor econômico. Mesmo sendo útil ao homem, mas que não provenha do capital ou do trabalho não terá valor. Segundo ele: [...] *assim acontece com o ar, prados naturais, terras virgens, etc.*

A relação do capitalismo com o meio ambiente sofre de grande dificuldade em adotar práticas precavidas na atividade econômica. Esta dificuldade reside numa profunda mudança de atitude na adoção de tais práticas que é contrária a lógica do processo de acumulação de capital, vigente desde a ascensão do capitalismo (ROMEIRO, 2003). Sendo a natureza rígida em alguns de seus pressupostos básicos e, segundo a primeira lei da termodinâmica, matéria e energia não são criadas deixando a oferta de bens ambientais sempre fixa. Portanto, a troca entre a sociedade e o meio ambiente envolve uma severa restrição (CAVALCANTI, 2003). Assim, é impensável aceitar como viável do ponto de vista da sustentabilidade o crescimento da economia nas taxas desejadas e planejadas. Ainda segundo o mesmo autor são evidentes as barreiras existentes nos caminhos escolhidos. A pouca disponibilidade de água, o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera e de resíduos que não têm para onde serem destinados corretamente, são algumas destas barreiras ambientais que se evidenciam diariamente.

Ainda segundo Romeiro (2003), com o capitalismo, o uso dos recursos, tanto humanos como naturais, passa a ter quase nenhum controle social. Comparando, foi enorme a exploração do trabalho que atingiu no passado práticas impensáveis nos dias atuais como a escravidão. Desse desequilíbrio, pouco a pouco, surgiram uma série de restrições e regulamentos que foram sendo estabelecidos e incorporados ao nosso sistema de regras como o banimento do trabalho escravo, a proibição do trabalho infantil, a limitação da jornada de trabalho, entre outras. Atualmente, caminha-se na busca por regular as atividades degradadoras do meio ambiente e de limitar o uso inadequado dos recursos naturais. O pensamento de Max e suas distorções, de certa maneira, ainda persistem. Muitos dos recursos naturais ainda carecem de serem adequadamente valorados e terem incorporados ao processo econômico este valor.

Visões distintas passaram a prevalecer na economia quando se julgou necessário estabelecer valor aos ativos e passivos ambientais. As ações do homem sobre a natureza e as modificações negativas causadas por estas, abriram um intenso debate sobre o papel e o valor dos passivos e ativos ambientais, aí incluídos os serviços ecossistêmicos, tendo de um lado a corrente neoclássica com a Economia Ambiental e seus métodos de estabelecimento de valor

monetário regidos pelo mercado e ampliação da visão com conceitos transdisciplinares da Economia Ecológica (LOMAS *et al.* 2007).

A economia ambiental infere que a utilização dos ativos naturais geram efeitos sobre os indivíduos, mas, quase nunca fazem parte dos custos dos bens ou serviços a estes ofertados. Estes efeitos, que podem ser positivos ou negativos são chamados de “externalidades”. Quando estes se apresentam sobre o meio físico ou ao restante da natureza são chamados de impactos, que também podem ser positivos ou negativos. Estes impactos e externalidades geram efeitos sobre o bem estar das pessoas e a teoria neoclássica trata de “internalizar” estes custos e benefícios como meio de evidenciar e corrigir as falhas do mercado, sendo que o primeiro passo nesta internalização é a valoração ambiental (MOTA *et al.* 2010).

Já a economia ecológica trabalha numa perspectiva de reconhecimento das interações dos processos naturais e o homem. Entende que os padrões atuais de produção e consumo são insustentáveis para uma realidade de limitação de recursos. Na ótica da economia ecológica a atribuição de valor como subsídio à gestão ambiental deve retratar a ética na tomada de decisão sobre os investimentos e decisões relativos à natureza (MOTA *et al.* 2010).

Há um motivo pra se estudar economia ambiental. A relevância da economia ecológica ou ambiental no contexto é evidenciada. Segundo Daly (2004) a visão clássica ou “neoclássica” da economia busca a alocação ótima ou “eficiente” dos recursos sem a preocupação dos resultados. Devemos lembrar que eficiência só é um parâmetro positivo se as ações forem positivas. Ser eficiente em uma ação negativa só agrava as externalidades. Daly (2004, p. 4) compara nossas relações com o meio ambiente como um navio. Pela visão neoclássica a preocupação é só em relação a organização da carga do navio de modo a permitir uma alocação eficiente de toda a carga a ser transportada. Já a economia ecológica a alocação da carga é importante, mas não é um fim em si mesmo. Também é importante saber se não há excesso na carga além de saber se todos têm direito a um espaço no navio e não só a primeira classe. Na visão da ecoeconomia ou economia ecológica, com sua visão de transdisciplinaridade e interação das funções ecológicas e sociais, segundo Cavalcanti (2010), a segmentação do conhecimento em disciplinas é uma convenção: enquanto a universidade tem disciplinas unidimensionais o mundo real tem problemas concretos e multidimensionais. Segundo Norgaard (1997) citado por Mota (2000, p. 4) *Os economistas ecológicos têm de resistir à tentação de pensar que a valoração objetiva é possível; os economistas ambientais neoclássicos têm de reconsiderar a posição econocrática que têm assumido, à luz de como*

isto os têm levado a usar mal sua própria teoria. Porém fica claro que não existe uma ação de ruptura entre os ecoeconomistas e os neoclássicos e sim uma tentativa de transição, reconhecendo a importância da economia ambiental no esforço de valorar o ambiente.

Todo este movimento acontece num cenário de grande apreensão. Segundo Brown (2003, p. 22) os esforços imediatistas de manutenção da economia global da forma atualmente estruturada, estão *dilapidando o capital natural da Terra*. Gasta-se muito tempo solucionando os problemas dos déficits econômicos, mas são os déficits ecológicos que ameaçam o futuro, inclusive o econômico de longo prazo. Segundo ele, *os déficits econômicos são o que tomamos emprestados uns dos outros; os déficits ecológicos são o que retiramos das gerações futuras*. Retomando Cavalcanti (2010) cumpre reconhecer como inquestionável a constatação de que não existe sociedade e nem economia sem um sistema ecológico, mas pode haver meio ambiente sem sociedade e sem economia.

Oystein Dahle, Vice-Presidente aposentado da Esso - Noruega e Mar do Norte, citado por Brown (2003, p. 25), observa: *O socialismo ruiu porque não permitiu que os preços falassem a verdade econômica. O Capitalismo poderá ruir porque não permite que os preços falem a verdade ecológica*. Numa análise simples e rápida da inadequação na formação dos preços de produtos importantes na atual sociedade econômica, a gasolina tem na formação de seu preço os custos de extração, refino, distribuição; custos estes pagos pelo consumidor. Porém, não são considerados e não são pagos por este mesmo consumidor, os custos referentes às doenças respiratórias causadas pela poluição atmosférica e nem os custos do lançamento na atmosfera de toneladas de gases de efeito estufa originados pela queima da gasolina e de outros combustíveis fósseis, que trazem desdobramentos imensuráveis para a sociedade e para a própria economia. Mais uma vez Brown (2003, p. 86) afirma que: *Num mundo onde a demanda da economia pressiona os limites dos sistemas naturais, a dependência de sinais distorcidos de mercado para orientar decisões de investimento é uma receita para o desastre*. No exemplo citado da gasolina os sinais distorcidos dos custos desta fonte energética desencoraja o investimento em outras fontes ambientalmente mais eficientes, mas que têm um custo mais elevado. Assim, continuamos a explorar e utilizar os combustíveis fósseis a despeito de seus impactos negativos sobre o meio ambiente e sobre a própria saúde do homem.

Analisando a teoria da “Tragédia dos Bens Comuns” de Hardin (1968) podemos observar que somado a esta falta de valor dos recursos naturais, uma visão “egoísta” no sentido de propriedade de um bem ou serviço e a falta de regulamentação de acesso a estes

induz ao seu uso cada vez mais intensivo podendo levar a seu colapso, ou à “tragédia” como diz o autor. Nesta teoria, o acréscimo de uma unidade de ganho por um usuário no acesso a um bem ou serviço de uso comum, analisado individualmente, pode ser considerada positiva já que o ganho por este acesso é privado e o custo será socializado. Assim, em um pasto público de uso comum, na visão de um único pastor, alocar mais uma ovelha a este pasto vai lhe trazer o benefício de mais uma unidade a ser comercializada e assim sucessivamente. Contudo, esta visão pode ser a de todos os usuários deste pasto e sua utilização de maneira desordenada com a inclusão de mais uma ovelha por cada pastor vão levar à exaustão da pastagem e em consequência ao colapso do bem comum com prejuízo para todos.

O exemplo de estoques pesqueiros usado por Hardin (1968) demonstra claramente que o acesso indiscriminado a este bem comum estava levando a extinção algumas espécies de peixes além de reduzir o estoque como um todo a níveis críticos.

Brown (2003, p. 86) argumenta que soluções econômicas para problemas complexos podem ter efeitos inadequados. Ainda no exemplo dos pesqueiros com um bem de uso comum, argumenta:

Historicamente, quando a oferta de peixe era inadequada, o preço subia, encorajando investimentos em novas traineiras. Quando havia mais peixe no mar do que jamais esperaríamos pescar, o mercado funcionou bem. Hoje, com o pescado frequentemente superando a produção sustentável, o investimento em mais traineiras em resposta aos altos preços irá simplesmente acelerar o colapso desses pesqueiros.

A necessidade de se criar regras de acesso a um bem comum se torna evidente a cada dia. Seja por meio de regulamentações legais, seja por acordos privados, seja por arranjos intergovernamentais, o mundo tem se mobilizado buscando regras para o uso destes bens e serviços.

O protocolo de Kioto, mesmo que considerado um acordo fracassado, demonstrou a necessidade de regular o uso de um bem comum, neste caso um serviço: o de absorção dos gases de efeito estufa pela atmosfera. Segundo especialistas, a continuar o lançamento destes gases nos níveis atuais, a incapacidade de absorção e fixação dos mesmos vai causar o aumento da temperatura da Terra com consequências que ainda não podemos precisar, mas que com certeza serão trágicas. A tentativa de se limitar os lançamentos dos gases de efeito estufa na atmosfera falhou, já que alguns usuários não se dispuseram a limitar seu acesso a este “bem comum”. Deste modo, segundo a teoria de Hardin, a tragédia se anuncia.

Neste contexto entra a Economia e a Valoração Ambiental. Certamente o grande desafio dentro das questões ambientais e em específico para o estabelecimento efetivo da sustentabilidade ambiental, seja a pouca profundidade com que é tratado o assunto. Uma crescente preocupação com o tema tem impulsionado de forma significativa os estudos de uma área que hoje pode ser considerada uma fronteira da Ciência Econômica (SEROA DA MOTTA, 1997).

Cientes de que os recursos ambientais também são bens escassos, buscam-se na economia os conceitos para regular seu uso. Definida como sendo a ciência que estuda a gestão de recursos escassos, a economia clássica “empresta” muitas de suas teorias à economia ambiental. São utilizadas ferramentas como o marginalismo, o consumo de superávit excedente, custo de oportunidade, externalidades, subsídios, impostos, função de bem-estar social, Ótimo de Pareto, e análise de custo benefício na análise e solução de problemas ambientais (SINGH e SHISHODIA, 2007).

De acordo com a economia ambiental determinar o valor econômico de um ativo ou passivo ambiental é estimar o seu valor monetário em relação a outros bens e serviços disponíveis na economia (SEROA DA MOTTA, 1997). Para May (1995), a valoração de um ecossistema tem como principais objetivos a determinação dos custos e dos benefícios de sua conservação.

Young (2003) enfatiza ainda que a valoração econômica se refere à forma como os recursos naturais são explorados, evidenciando os benefícios para parte da sociedade, incluindo-se aqui aquelas que não possuem poder decisório sobre o manuseio destes recursos. A valoração econômica de recursos ambientais é uma análise de *trade-off*, ou seja, uma questão de escolha. Quando se valora um ativo ou passivo ambiental o que está recebendo valor não é o meio ambiente ou este ativo ou passivo ambiental e sim as preferências das pessoas em relação a mudanças de qualidade ou quantidade ofertada do recurso ambiental em questão (ORTIZ, 2003).

Reforçando uma colocação anterior, existe uma razão para valorar os bens e serviços ambientais. Em qualquer situação de gestão de recursos, geralmente escassos, o tomador de decisão busca alternativas que maximizem os benefícios com o menor custo possível. E para uma avaliação adequada destas opções é fundamental que este gestor possa avaliar os custos e benefícios com certo nível de certeza. É fundamental valorar a fim de reduzir as incertezas e aumentar a segurança nestas situações.

Quando se trata de gestão pública o objetivo principal dos investimentos públicos é a provisão de bens e serviços que aumentem o bem-estar das pessoas e as decisões governamentais de alocação de um orçamento limitado e insuficiente para atender esta provisão, podem ser auxiliadas por uma análise social de custo-benefício (SEROA DA MOTTA, 1997). Alguns bens e serviços não são transacionados no mercado e, portanto, não têm preços definidos, sendo necessário estimá-los. Segundo Nogueira e outros (1998, p. 6) o problema prático da valoração econômica é *obter estimativas plausíveis a partir de situações reais onde não existem mercados aparentes ou existem mercados muito imperfeitos.*

A utilização de bens ou serviços sem a devida alocação financeira de seu valor gera uma falha no mercado. A falta de valor para o bem ou serviço ambiental tem sido objeto de estudo nas últimas duas décadas e formou-se um cabedal de conceitos e métodos que buscam corrigir esta falha.

Cavalcanti (2010, p. 53-54) reforça esta argumentação:

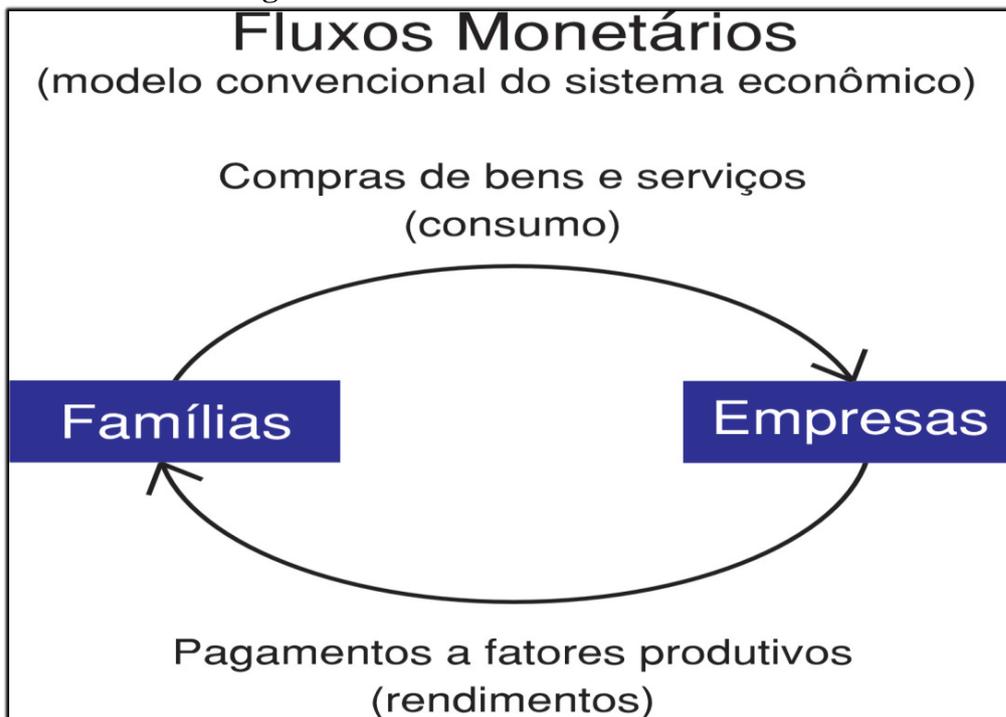
O modelo econômico típico não contempla a moldura ou restrições ambientais. Cuida de focalizar tão somente fluxos e variáveis do domínio econômico, conforme indica a Figura 1, encontrada em qualquer livro de introdução à economia (ver, por exemplo, Samuelson, 1967). No modelo (Figura 1), apresentam-se fluxos monetários que circulam, em laço fechado, entre famílias e empresas, fazendo girar apenas valor de troca. Nada mais do que isso. Dinheiro vai e vem entre produtores (empresas) e consumidores (famílias). A natureza, aí, é o que ficou conhecido como uma “externalidade”.

Ainda segundo Cavalcanti (2010, p. 54), a falta de uma visão integrada do sistema econômico tradicional em relação aos recursos ambientais é uma importante barreira a se transpor. Cabe aqui mais uma transcrição de suas considerações:

Nesse enfoque (que denomino visão econômica da economia), o sistema econômico não encontra limites onde esbarrar. Ele pode tudo. É autossuficiente. Sua expansão não envolve custos de oportunidade. Ou seja, não há trocas ou desgastes decorrentes de mais economia que precise destruir recursos, seja para extração, seja para despejo do lixo em que irremediavelmente termina o processo econômico. A economia ortodoxa trata impactos ambientais, se porventura deles se ocupa, como fenômenos externos ao sistema econômico, vistos como falhas de mercado. Para ela, as externalidades podem, com métodos adequados, ser internalizadas no sistema de preços: uma forma, supõe, de corrigir as falhas de mercado.

A Figura 11 demonstra os fluxos.

Figura 11 - Fluxos monetários da economia tradicional



Fonte: Cavalcanti (2010).

Apesar de tantos esforços é clara a subjetividade na valoração ambiental que invariavelmente subestima os ativos e passivos ambientais. Kaplowitz e outros (2012, p. 3691), referindo-se a conservação de bacias hidrográficas para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos afirmam que *frequentemente estes serviços ecossistêmicos são subestimados, pois, o preço da água não inclui o custo de proteção e gestão deste importante serviço hidrológico* (tradução nossa¹⁷). A princípio, o valor dos serviços ambientais é infinito, já que a economia mundial entraria em colapso se não tivéssemos mais chuva advinda do ciclo hidrológico ou solos férteis, ou ainda se a fotossíntese não fixasse mais carbono liberando oxigênio e produzindo a nossa energia básica. É válido lembrar que valorar corretamente um bem ou serviço insubstituível é um enorme desafio.

Assim, lembrando Brown (2003) mesmo que a valoração de bens e serviços ambientais não traduza o valor adequado de um ou outro, é melhor termos um valor subestimado do que não termos nenhum valor.

¹⁷ *Too often these ecosystem services are undervalued and underprotected because local water prices do not include the cost of maintaining or managing these valuable hydrological services.*

Os padrões e visões atuais da nossa economia inevitavelmente irão mudar. A questão é se esta mudança vai ocorrer *como uma resposta caótica a interrupções imprevistas no sistema de suporte de vida global, ou como uma transição cuidadosamente planejada em direção a um sistema que opera dentro dos limites físicos impostos por um planeta finito e os limites espirituais expressos em nossa moral e valores éticos* (DAYLY, 2004, p. 11, tradução nossa¹⁸).

3.11. MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL

Para contribuir nas tomadas de decisão, os economistas continuam a utilizar a valoração dos ativos e passivos ambientais, mesmo cientes das críticas e das suas limitações (MOTA, *et al.* 2010).

Seja através da visão neoclássica, seja pela economia ecológica, o que se busca é a alocação de valor ao recurso ambiental.

Ensina Seroa da Motta (1997) que o valor econômico do recurso ambiental - VERA pode ou não estar associado ao seu uso. Assim, tem-se que o consumo de um bem ou serviço ambiental se realiza via uso ou não uso deste. Portanto, VERA é definido na literatura como sendo a soma do valor de uso (VU) e do valor de não uso (VNU). Por sua vez os valores de uso podem ser ainda divididos e classificados em valores de uso direto (VUD), valores de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO). O Valor de Uso Direto é quando se utiliza o recurso de forma direta, onde podemos dar como exemplo a extração de um mineral ou a captação de água para abastecimento público. O Valor de Uso Indireto é quando o benefício deriva de funções ecossistêmicas como a regulação do clima, a proteção do solo ou a polinização das plantas. Já o Valor de Opção é quando se atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser demandados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. O benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais que decidimos manter e proteger hoje, é um bom exemplo. O valor de não uso representa o valor de existência (VE) que pode ser comparado ao valor sentimental ou de estima que se atribui a bens privados. Lutar pela preservação das

18 Change in our economic system is inevitable. The only question is whether it will occur as a chaotic response to unforeseen disruptions in the global life support system, or as a carefully planned transition toward a system that operates within the physical limits imposed by a finite planet and the spiritual limits expressed in our moral and ethical values.

baleias ou de um atributo cênico natural do qual nunca vamos nos beneficiar diretamente. É um valor ético.

O quadro 1 apresenta os recursos da biodiversidade para cada caso.

Quadro 1 – Valor Econômico do Recurso Ambiental –VERA

VALOR ECONÔMICO DO RECURSO AMBIENTAL – VERA			
VALOR DE USO			VALOR DE NÃO USO
VUD	VUI	VO	VE
Bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje.	Bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje.	Bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro.	Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruísticas.
Provisão de recursos básicos: alimentos, medicamentos, recursos madeireiros e não madeireiros, nutrientes, turismo.	Fornecimentos de suportes para as atividades econômicas e bem-estar humano: p.ex., proteção dos corpos d'água, estocagem e reciclagem de lixo. Manutenção da diversidade genética e controle de erosão. Provisão de recursos básicos: p.ex., oxigênio, água e recursos genéticos.	Preservação de valores de uso direto e indireto.	Florestas como objetos de valor intrínseco, como uma doação, um presente para outros, como uma responsabilidade. Inclui valores culturais, religiosos e históricos. Recursos genéticos de plantas. Provisão de benefícios associados à informação, como conhecimento científico.

Fonte: Adaptado pelo autor de Seroa da Motta (1997).

Podemos então definir uma expressão para VERA como sendo:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE \quad (3.5)$$

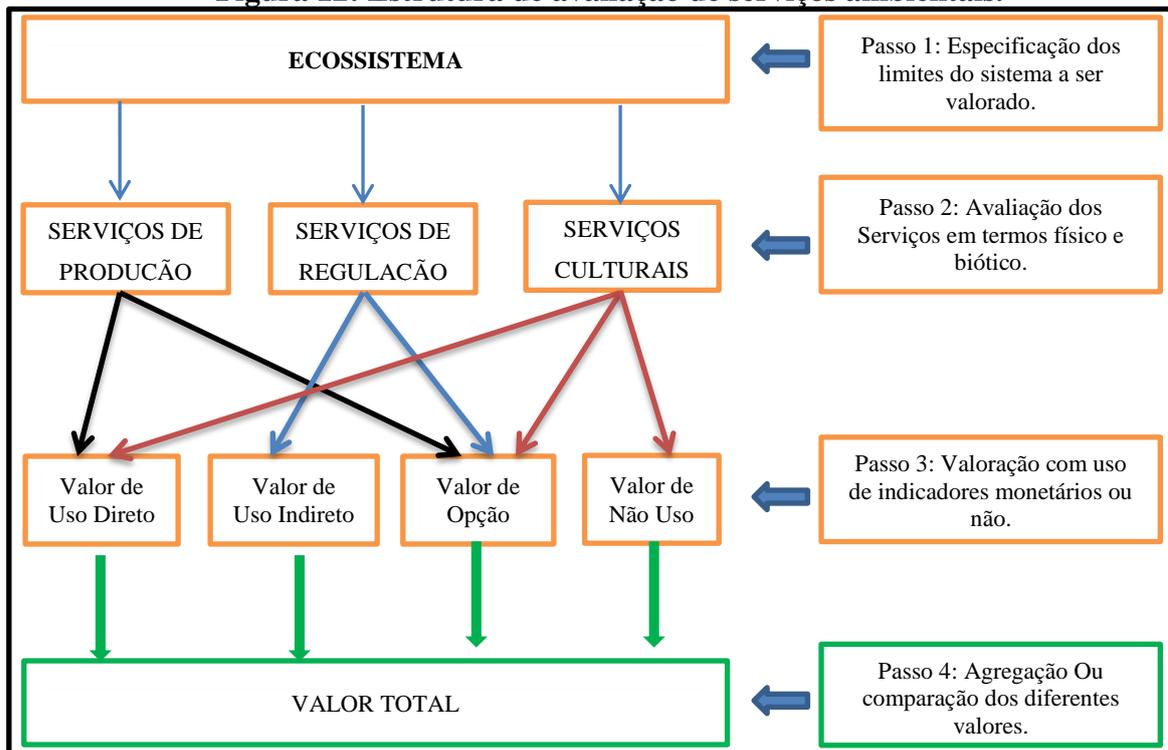
Argumentam Nogueira *et al.* (1998) que os métodos de valoração ambiental são técnicas para quantificar em termos monetários os impactos, sejam sociais ou econômicos, de projetos cujos resultados vão permitir uma avaliação mais adequada e abrangente.

Se analisarmos um cenário poderemos observar que, às vezes, existem conflitos que devem ser identificados como pré-condição para a devida valoração. Um tipo de uso pode eliminar um segundo. O uso de uma área para a agricultura com a supressão da vegetação

nativa que a cobria elimina a possibilidade desta área fornecer insumos para a indústria de fármacos, por exemplo.

Para Hein (2006) citado por Alipaz (2010) a oferta de serviços ambientais pode ser avaliada com o auxílio do esquema mostrado na Figura 12:

Figura 12: Estrutura de avaliação de serviços ambientais.



Fonte: Hein (2006) in: Alipaz (2010).

Numa análise mais profunda verificamos que a dificuldade de identificarmos preços de mercado que possamos utilizar na valoração ambiental cresce quando vamos do valor de uso para o valor de não uso, assim como cresce quando vamos do valor de uso direto para o uso indireto (SEROA DA MOTTA, 1997). Ainda segundo Seroa da Motta (1997), um método será melhor tanto quanto melhor for seu rigor e sofisticação metodológicos e quanto maior sua base de dados (grifo nosso).

Os métodos de valoração aqui trabalhados são classificados como: Métodos da Função de Produção e Métodos da Função de Demanda.

São descritos a seguir, de forma breve, estes métodos, voltando uma atenção maior para aqueles que utilizados neste trabalho para a valoração do serviço ambiental proposto:

- a) Método de Custos Evitados;

- b) Método de Custo de Oportunidade e;
- c) a valoração direta do bem ambiental.

3.11.1. MÉTODOS DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Esta é uma técnica de valoração mais simples e que é largamente utilizada. São os métodos da produtividade marginal e o método de mercado dos bens substitutos. Se o recurso ambiental é um insumo ou um substituto de um bem ou serviço privado, utilizamos o preço de mercado destes bens privados para estimar o valor econômico do recurso ambiental (SEROA DA MOTTA, 1997). Assim, podemos estimar economicamente a variação da disponibilidade deste recurso ambiental.

3.11.1.1. MÉTODO DE MERCADO DE BENS SUBSTITUTOS

Ensina Seroa da Motta (1997) que este método utiliza os preços de mercado de bens substitutos para compor o valor econômico do recurso ambiental. Em um exemplo prático, o decréscimo da qualidade da água de determinada praia resulta num decréscimo no serviço de recreação associado a ela, mesmo não existindo cobrança por seu uso. Embora gratuito, a queda na qualidade do serviço de recreação vai demandar por um substituto privado com preço definido – um parque aquático. De forma simples podemos dizer que um dos componentes do valor do serviço de recreação perdido é o gasto com acesso ao parque aquático.

Nos Mercados de Bens Substitutos vamos apontar três métodos: Método do Custo de Reposição, Método de Gastos Defensivos ou Custos Evitados e Método dos Custos de Oportunidade.

3.11.1.1.1. MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO

Este método representa os gastos incorridos em garantir a satisfação com uma substituição necessária. Geralmente é utilizado como medida do dano causado (NOGUEIRA *et al.* 2010). São calculados com a soma dos gastos realizados na reparação de um dano causado na qualidade ambiental. Trata a qualidade ambiental como um fator de produção.

Segundo Nogueira e outros (1998), esta abordagem é correta quando é possível comprovar que a reparação do dano deve acontecer em função de alguma outra restrição. É o caso da qualidade da água onde os benefícios que esta qualidade proporciona à sociedade são suficientes para justificar os custos para alcançá-la.

Para Maia e outros (2004) uma das desvantagens deste método é que, por maiores que sejam os gastos envolvidos na reparação do dano ou na recuperação do bem, apenas algumas propriedades deste bem serão recuperadas e mesmo assim de forma parcial. Um reflorestamento nunca recuperará toda diversidade biológica de uma floresta primária assim como uma adubação química não irá repor os nutrientes e a fertilidade de um solo que levou milhões de anos para se constituir. Assim como o tratamento da água que foi contaminada, recupera os padrões de potabilidade da água, colocando-a adequada para o consumo sem, contudo, eliminar os motivos que causam a contaminação da mesma. Não há como se devolver ao ambiente a sua condição anterior a degradação assim como não há como se estimar o seu real valor (NOGUEIRA *et al.* 1998).

3.11.1.1.2. GASTOS DEFENSIVOS OU CUSTOS EVITADOS

Este método representa o valor de um bem ou serviço ambiental utilizando os gastos incorridos para garantir que a qualidade não irá se alterar e que serão mantidos os benefícios para a sociedade – gastos defensivos (SEROA DA MOTTA, 1997). Os gastos com o tratamento de água para garantir a potabilidade para o fornecimento público (SEROA DA MOTTA, 1997) ou o tratamento de efluentes domésticos ou industriais antes do lançamento nos rios para evitar sua contaminação ou a instalação de lavadores de gás para controlar a emissão de poluentes e evitar a contaminação atmosférica (MAIA, 2002), são bons exemplos. As estimativas tendem a ser subestimadas principalmente pela falta de informação sobre os benefícios da qualidade do bem ou serviço ambiental. Segundo Varian (1994) citado por Miranda e outros (2009) um substituto perfeito implica que o decréscimo de uma unidade do produto será acompanhado do acréscimo em uma taxa constante de seu substituto.

3.11.1.1.3. CUSTO DE OPORTUNIDADE

Este método é mais uma variante do método de bens substitutos. Está ligado ao custo do uso alternativo do ativo natural, dando sinais de que o valor deste pode ser estimado tendo como base o uso da área não degradada para outra finalidade, seja econômica, social ou ambiental (MOTA *et al.* 2010).

Representam as perdas de renda nas restrições de utilização de determinados bens ou serviços privados com o objetivo de preservação e conservação dos recursos ambientais. Este método está associado a uma determinada escolha que é quantificada pela melhor oportunidade perdida. Para Seroa da Motta (2006) este método não valora diretamente o

recurso ambiental, mas sim estima o custo de preservá-lo pela não realização de uma determinada atividade econômica.

Wunder (2006) afirma que em situações onde exista limitação no uso da terra uma determinação básica de custo de oportunidade pode ajudar a definir os valores de PSA necessários a proteger este espaço. Os provedores com o esforço de conservação de áreas protegidas podem ser premiados com o pagamento de serviços ambientais.

4. MATERIAIS E MÉTODO

Os materiais de estudo necessários para o alcance dos objetivos propostos compreendem:

- I. Os dados das 07 (sete) estações de tratamento de água de responsabilidade da COPASA coletados com o questionário encaminhado (anexo 2);
- II. Os dados secundários levantados na revisão bibliográfica;
- III. Dados das captações e as áreas de suas bacias de contribuição levantados no sítio do geosisemanet¹⁹.

Para se atingir o objetivo geral, em primeiro lugar, é necessário caracterizar o Serviço de Proteção de Mananciais. A caracterização pressupõe a divisão do serviço em três parâmetros, a saber:

- a) Manutenção da Qualidade;
- b) Manutenção da Quantidade;
- c) Garantia da Proteção.

4.1. MATERIAL E COLETA DOS DADOS

Os dados levantados são divididos em:

- a) As 05 (cinco) ETAs que tratam a água bruta que é captada nos mananciais que não contam com a proteção de uma UC, são descritas no Quadro 2. Os dados necessários ao estudo estão apresentados na Tabela 10 página 86. Os dados foram obtidos junto a COPASA em resposta ao questionário (anexo 02);
- b) As 02 (duas) ETAs que tratam a água bruta que é captada nos 04 (quatro) mananciais protegidos pelo PESRM estão descritas no Quadro 3. Os dados necessários ao estudo estão apresentados na Tabela 11 página 87 e foram obtidos junto a COPASA em resposta ao questionário (anexo 02);
- c) Os dados secundários descritos na revisão da bibliografia e apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3 nas páginas 45 e 46 respectivamente;

¹⁹ Disponível em <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/outorga>.

- d) Os dados da precipitação média anual nas proximidades da área de estudo disponíveis na Tabela 12 (anexo 03) página 143;
- e) Os dados referentes à cobrança pelo uso da água nos comitês de bacia disponíveis no Tabela 1 do item 3.4 página 42;
- f) Os dados relativos à rentabilidade da atividade de pecuária de corte disponíveis na Tabela 9 do item 3.8 página 65;
- g) Os dados secundários referentes á infiltração disponíveis na Tabela 6 da pagina 52;
- h) Os dados do volume captado e da área de proteção dos mananciais do Parque Estadual da Serra do Rola Moça na Tabela 8 página 61.

Quadro 2 – Captações fora de UCs

ETA	CAPTAÇÕES
Rio das Velhas	Rio das Velhas
Crucilândia	Córregos Águas Claras e Água Limpa
Rio Manso	Barragem do Rio Manso
Serra Azul	Barragem Serra Azul
Itatiaiuçu	Ribeirão Veloso

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3 – Captações dentro de UCs

ETA	CAPTAÇÕES	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
Catarina	Ribeirão Catarina	PESRM
Morro Redondo	Fechos, Cercadinho, Mutuca, Capão Xavier	EE de Fechos e Cercadinho e PESRM.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1. DADOS DAS CAPTAÇÕES E DA PRECIPITAÇÃO MENSAL

Os dados sobre as captações foram obtidos junto a COPASA, concessionária responsável pelo abastecimento de grande parte dos municípios mineiros, através de questionário respondido pela concessionária, disponível como anexo 2.

Devido a uma grande divergência nas informações disponibilizadas pela COPASA quanto a significativa variação do preço do cloro gasoso e depois de 03 (três) tentativas de dirimir as dúvidas, a COPASA informou²⁰ que os preços variam em função da logística de

²⁰ Comunicação pessoal, Sr. João Bosco, contato junto a COPASA.

entrega. Optou-se por buscar no mercado estas informações como forma de balizar os preços e garantir maior assertividade ao estudo.

Das 07 (sete) ETAs informadas pela COPASA, 05 (cinco) utilizam cloro gasoso no tratamento. Os dados são estes:

ETA Serra Azul – Quantidade utilizada $\text{Kg}/\text{m}^3 = 0,0027$

ETA Serra Azul – Custo do Tratamento $\text{R}\$/\text{m}^3 = 0,0012$

ETA Serra Azul – Preço por quilograma = $\text{R}\$0,0012/0,0027 = \text{R}\$0,44$

ETA Rio da Velhas – Quantidade utilizada $\text{Kg}/\text{m}^3 = 0,03$

ETA Rio da Velhas – Custo do Tratamento $\text{R}\$/\text{m}^3 = 0,05$

ETA Rio da Velhas – Preço por quilograma = $\text{R}\$0,05/0,03 = \text{R}\$1,67$

ETA Morro Redondo – Quantidade utilizada $\text{Kg}/\text{m}^3 = 0,003$

ETA Morro Redondo – Custo do Tratamento $\text{R}\$/\text{m}^3 = 0,009$

ETA Morro Redondo – Preço por quilograma = $\text{R}\$0,009/0,003 = \text{R}\$3,00$

ETA Rio Manso – Quantidade utilizada $\text{Kg}/\text{m}^3 = 0,0021$

ETA Rio Manso – Custo do Tratamento $\text{R}\$/\text{m}^3 = 0,0096$

ETA Rio Manso – Preço por quilograma = $\text{R}\$0,0096/0,0021 = \text{R}\$4,57$

ETA Catarina – Quantidade utilizada $\text{Kg}/\text{m}^3 = 0,004$

ETA Catarina – Custo do Tratamento $\text{R}\$/\text{m}^3 = 0,020$

ETA Catarina – Preço por quilograma = $\text{R}\$0,020/0,004 = \text{R}\$5,00$

O preço do cloro gasoso, insumo químico utilizado no tratamento da água foi objeto de duas cotações junto a fornecedores. A cotação foi disponibilizada por e-mail. A empresa CSM Produtos Químicos forneceu uma cotação de $\text{R}\$12,00/\text{kg}$ (doze reais por quilo) de produto. A empresa General Chemical S.A., até a data de conclusão do trabalho, não forneceu uma cotação.

Além disso, em pesquisa na rede mundial de computadores, utilizando a ferramenta de busca “Google®” identificou-se dois processos de compra por licitação deste produto onde

consta o preço de referência. No processo de licitação nº 001/2013²¹ do “Serviço de Água e Esgoto do município de Machado – MG” no item 03 (três) do Anexo VII consta como preço estimado o valor de R\$13,83/kg (treze reais e oitenta e três centavos por quilo). Já no processo de licitação do município de Três Rios no estado do Rio de Janeiro, pregão presencial 009/2014²² para a aquisição de cloro gasoso consta no item 01 (um), letra F do anexo I o preço praticado no mercado de R\$12,30/kg (doze reais e trinta centavos por quilo).

Se considerar-se que houve um erro na informação da ETA Serra Azul com o deslocamento de uma casa decimal, situação colocada verbalmente pelo Sr. João Bosco Senra, contato junto à COPASA e assim excluir-se a informação estabelecendo uma média aritmética para as demais informações tem-se o valor para o cloro gasoso de R\$3,56 (três reais e cinquenta e seis centavos). Já a média aritmética dos valores da cotação junto ao fornecedor e dos editais de licitação tem-se o valor de R\$13,15 (treze reais e quinze centavos). Diante da divergência, optou-se por utilizar a média aritmética dos preços fornecidos pela COPASA por ser a empresa responsável pelo tratamento de água das estações trabalhadas.

Os dados referentes às captações fora de UC foram tabulados e apresentados na Tabela 10.

Os dados referentes às captações protegidas pelo PESRM, incluindo o Ribeirão Catarina, foram tabulados e apresentados na Tabela 11.

Tabela 10 – Dados das captações fora de UC

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO /CURSO D' ÁGUA	VAZÃO TRATADA*	CUSTO DE PRODUTOS QUÍMICOS**	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DA BACIA***
ETA Rio das Velhas /Rio das Velhas	188.055.847,50	147,14	169.971,96
ETA Brumadinho/ Ribeirão Águas Claras	Sem informação	Sem informação	
ETA Itatiaiuçu/Ribeirão Veloso	438.000	39,03	
ETA Crucilândia/Córregos Águas Claras e Limpa	219.839,50	32,50	
ETA Rio Manso/Rio Manso	347.815,5	30,20	
ETA Serra Azul/Ribeirão Serra Azul	205.981,5	9,75	26.555,39

* Dado em m³/ano – média do período seco e chuvoso

** Dado em reais por metro cúbico - R\$/1.000m³ - média do período seco e chuvoso

*** Dado em hectares – ha

Fonte: COPASA - Elaborado pelo autor

²¹ Disponível em <http://saaetri.com.br/site/uploads/licitacoes/278/13972381546.pdf>

²² Disponível em [https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=servi%c3%a7o](https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=servi%c3%a7o%20autonomo%20de%20agua%20e%20esgoto%20de%20machado%20edital%20cloro%20gasoso) autonomo de agua e esgoto de machado edital cloro gasoso

Tabela 11 – Dados das captações dentro de UC

Curso d'água/Estação de tratamento	Vazão tratada*	Custo de Produtos químicos**	Área de contribuição da bacia***
ETA Morro Redondo/ Ribeirões Cercadinho, Mutuca e Fechos.	15.590.975	31,00	
ETA Ibirité/Ribeirões Rola Moça, Bálsamo,	Sem informação	Sem informação	
ETA Barreiro/Ribeirão do Barreiro	Sem informação	Sem informação	
ETA Catarina/Ribeirão Catarina	1.684.475	30,34	184,1216

* Dado em m³/ano

** Dado em reais por metro cúbico - R\$/m³

*** Dado em hectares – ha

Fonte: COPASA - Elaborado pelo autor

Os dados sobre a precipitação mensal foram obtidos na página oficial da Agência Nacional de Águas - ANA. Na Tabela 12 (anexo 03) foram tabulados os dados de janeiro de 1945 a dezembro de 2013. No ano de 1966 os dados não foram disponibilizados nos meses de fevereiro, março e abril, sendo desconsiderado este ano no cálculo da média. A estação escolhida para obtenção dos dados foi a mais próxima da região do PERSM. A aplicação da metodologia proposta depende da precipitação média anual. A sugestão é buscar informações junto a órgãos oficiais que monitoram a precipitação como a ANA ou o INMET buscando dados próximos à região onde será aplicada a metodologia.

Complementaram o estudo, dados secundários obtidos na revisão bibliográfica de, Reis (2004) Tabela 2, página 45 e Ernst *et al.* (2004) Tabela 3, página 46.

No que se refere à receita líquida da atividade de pecuária de corte optou-se por não corrigir o valor médio de R\$274,50 (duzentos e sessenta e quatro reais e cinquenta centavos) apresentados no estudo desenvolvido pela EMBRAPA (2006) e apresentado na Tabela 9, página 65 e utilizá-lo como o valor do parâmetro por entender-se que este estudo demonstrou bases cientificamente mais comprováveis comparativamente com os dados apresentados pela consultoria Bigma – Figura 11.

A média dos valores da cobrança pelo uso da água pelos comitês de bacia é:

$$VMA = \frac{0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,018}{4} \quad (4.1)$$

$$VMA = 0,012$$

4.2. METODOLOGIA

A valoração do Serviço de Proteção de Mananciais tem como processo impulsionador o Projeto Oásis da Fundação Boticário já apresentado no item 1.1.

A proposta deste estudo é aproveitar a ideia inicial do Projeto Oásis, dividindo o serviço ainda em três parâmetros, modificando um destes parâmetros e a forma de propor o valor para cada um deles. Não foi possível identificar a metodologia utilizada no Projeto Oásis para uma posterior comparação.

A execução do trabalho foi realizada por meio de pesquisa exploratória identificando com a revisão bibliográfica sobre o assunto, com a obtenção de dados secundários. Além dos dados secundários, foram levantados dados primários através de questionário semiestruturado (anexo 02) respondido pela COPASA e pesquisa junto a fornecedores por *e-mail*.

A escolha dos mananciais protegidos de captação e de suas estações de tratamento foi feita levando em consideração a efetiva proteção proporcionada pelo PESRM.

As demais captações foram selecionadas buscando guardar uma proximidade regional e uma similaridade com as características climatológicas, de desenvolvimento e de solo.

A escolha de dois mananciais, um com as melhores características de qualidade de água, classificada como de Classe Especial protegido pelo PESRM e outro com a pior qualidade de água utilizada em Minas Gerais pela COPASA para abastecimento público, classificada como de Classe II sem a proteção de uma UC de proteção integral tem o objetivo de colocar lado a lado as duas realidades distintas: A manutenção da qualidade garantida pela UC de Proteção integral e o oposto com uma água de baixa qualidade devido ao uso antrópico da área de contribuição da bacia.

Na escolha do manancial protegido optou-se pela captação do Ribeirão Catarina, que tem sua nascente e captação no interior do PESRM, o que lhe garante água de Classe Especial como consta no sítio do IGAM²³ possibilitando um tratamento simplificado e um menor custo de produtos químicos utilizados conforme resposta ao questionário encaminhado pela COPASA.

Na escolha do Manancial sem proteção optou-se pela captação do Rio das Velhas, no distrito de Bela Fama em Nova Lima. Apesar de ter quase que a totalidade de sua bacia acima

²³ Disponível em <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/outorga/>.

do ponto de captação protegida por duas Áreas de Proteção Ambientais, APA Sul e APA Cachoeira das Andorinhas, esta proteção não lhe garantiu uma água de boa qualidade. Na captação a água é de Classe II (CAMARGOS, 2004) o que exige um tratamento completo e o maior custo de produtos químicos de todas as captações pesquisadas. Ter em sua bacia de contribuição várias atividades minerárias em operação, além de outras tantas atividades antrópicas, certamente contribui para a baixa qualidade de água encontrada na captação do Rio das Velhas.

Os dados fornecidos pela COPASA deixaram dúvidas quanto a sua confiabilidade no que se refere aos custos dos produtos químicos envolvidos no tratamento. O mesmo produto químico (cloro gasoso), utilizado em 5 (cinco) das 8 (oito) ETAS informadas, varia de R\$0,44 o quilograma até R\$5,00 o quilograma. Após três tentativas de esclarecimentos, o senhor João Bosco, responsável por acompanhar a disponibilização dos dados, informou que esta variação se deve à logística envolvida no processo de distribuição do produto e o valor de R\$0,44 foi um erro de casa decimal.

4.2.1. QUALIFICAÇÃO DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE MANANCIAIS

O investidor ao definir onde vai aplicar seu dinheiro, busca condições favoráveis para um retorno mais rápido e garantido, além de buscar um maior tempo para diluir seu investimento. Na captação de água, a qualidade, a quantidade, a longevidade do manancial são fundamentais nesta análise.

O “olhar capitalista” sobre o serviço de proteção de mananciais tem como objetivo evidenciar sua importância no contexto econômico dentro de uma sociedade de consumo.

De Groot e outros (2002) citados por Nuñez *et al.* (2006), definem o serviço de suprimento de água como sendo a filtragem, retenção e estocagem em rios, lagos e aquíferos. Florestas, e outras formas de vegetação em estado natural, são aspectos que regulam tanto a qualidade quanto a quantidade dos recursos hídricos, sendo a base da gestão integrada destes mesmos recursos (NUÑEZ *et al.* 2006). A conservação de áreas e a preservação de remanescentes de vegetação nativa influenciam positivamente na manutenção da qualidade da água. Tal afirmação pode ser confirmada pelos estudos de Donadio e outros (2005). Apesar desses estudos não trazerem em suas conclusões, números absolutos da diferença entre as áreas estudadas, estes citam como relevantes os fatores cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total as que mais explicaram essas diferenças. Balbinot e outros (2008) destacam que a redução do pico do hidrograma e o controle da erosão têm papel fundamental como serviços

prestados na manutenção da qualidade e quantidade da água. Complementam que, embora a produção de água possa até ser menor em bacias de contribuição totalmente florestadas, o fluxo será mais estável e sustentável do que em qualquer outro caso (grifo nosso).

Assim, o **serviço de proteção de mananciais - SPM** é aquele que garante a manutenção da qualidade e da quantidade da água, parâmetros garantidos pela continuidade das condições adequadas da bacia de contribuição. Relembrando que para este estudo, quando esta bacia é protegida por uma UC estes parâmetros estão garantidos por esta proteção *ad eternum*.

A metodologia consiste em valorar os parâmetros – Manutenção da Quantidade e Manutenção da Qualidade - que fazem parte deste serviço prestado, além do parâmetro de Garantia da Proteção que garante a minimização do risco de que estas características possam mudar pela falta de controle na utilização da área da bacia. Esta garantia é dada pela unidade de conservação. Para isso, foram levantados dados bibliográficos e realizadas pesquisas junto à COPASA, de forma a definir um valor global para este serviço a fim de replicá-lo em qualquer outra Unidade de Conservação.

Para o parâmetro de Manutenção da Qualidade as captações selecionadas que não contam com a proteção de uma UC foram escolhidas tendo como água bruta a ser tratada aquela com qualidade de água de Classe II por ser a pior classe de água captada, tratada e distribuída hoje pela COPASA e ser assim, o contraponto da qualidade que procuramos defender como adequada. As captações que contam com a proteção do PESRM tem água bruta de Classe Especial, considerada como de qualidade adequada, sendo a melhor água a ser captada, tratada e distribuída. Nesta valoração utilizou-se o Método de Custos Evitados e se considerou a diferença no custo de produtos químicos no tratamento da água bruta nas diferentes condições de qualidade – tratamento da água de Classe II e Classe Especial - como o reconhecimento pelo mercado do valor do serviço.

Para o parâmetro Manutenção da Quantidade o que determina uma melhor ou pior prestação no serviço ambiental proposto é a capacidade de infiltração da área. Assim, o tipo de cobertura vegetal adequado é aquele com a menor interferência antrópica possível, condição que está presente em quase todas as áreas inseridas dentro de Unidades de Conservação de proteção integral ou de posse e domínio público, pois possibilita uma melhor infiltração. O contraponto de comparação é com as pastagens mal manejadas, já que a atividade de pecuária é a mais recorrente no território brasileiro e pastagens mal manejadas tem baixa capacidade de infiltração. Outro fator que interfere fortemente neste parâmetro é o

tipo de solo já que há uma grande diferença na capacidade de infiltração nos diferentes grupos de solos. O valor da água cobrado pelos comitês de bacias hidrográficas, multiplicado pela diferença do volume que infiltrou a mais em áreas com condições adequadas de conservação foi o valor econômico reconhecido pelo serviço prestado.

No parâmetro Garantia da Proteção o método de valoração utilizado foi o Método de Custo de Oportunidade e a atividade econômica que emprestará seu resultado de renda líquida anual é a pecuária de corte. Mais uma vez a escolha se justifica por ser uma atividade recorrente em grande parte do território brasileiro e espalhada por todos os estados e regiões e com as mais diversas condições de manejo. A renda líquida da atividade de pecuária de corte foi o valor econômico reconhecido pelo serviço prestado.

Ao final o valor do serviço de proteção de mananciais é a soma dos três parâmetros. A fórmula fica assim:

$$VSPM = VMQ + VMQt + VGP \quad (4.2)$$

Onde:

VSPM = Valor do Serviço de Proteção de Mananciais;

VMQ = Valor da Manutenção da Qualidade;

VMQt = Valor da Manutenção da Quantidade;

VGP = Valor da Garantia de Proteção.

4.2.2. MANUTENÇÃO DA QUALIDADE E SEU VALOR

Para se estabelecer o valor da Manutenção da Qualidade tomou-se como hipótese que os custos com insumos químicos no tratamento da água bruta classe especial, proveniente das captações protegidas pelo PESRM seriam menores que os mesmos custos observados no tratamento da água bruta Classe II proveniente das captações sem ou com pouca proteção, já que pode haver em alguma das bacias apresentadas algum pequeno fragmento protegido.

Tomou-se exclusivamente o custo de produtos químicos já que este é um insumo dentro do processo de tratamento que varia em função da qualidade da água. Outros insumos tais como energia, mão de obra, manutenção nas instalações, podem variar sem uma correlação com a qualidade. O uso da energia pode estar ligado, principalmente, ao transporte da água até a estação de tratamento e não estar ligado à sua qualidade, assim como a mão de obra pode estar ligada a outras atividades que não só ao tratamento como, por exemplo, serviços administrativos. Isolar esta variável garante uma maior certeza na confiabilidade de verificação de nossa hipótese.

Conhecendo-se os custos de tratamento, o volume captado da bacia protegida, e a área de contribuição desta bacia é possível estabelecer o valor desse parâmetro. O resultado é dado em R\$/m³/ano.

Após determinado que a proteção exercida pela unidade de conservação garante uma melhor qualidade da água captada o método de valoração deste parâmetro consistiu em comparar o menor valor gasto com produtos químicos incorridos no tratamento da água captada dentre os mananciais protegidos pelo PESRM (Tabela 11) com o maior valor gasto com produtos químicos no tratamento das águas das captações não protegidas (Tabela 10) utilizando o método de Custos Evitados.

A diferença no valor do volume tratado por unidade de tempo, multiplicado pela razão entre volume captado e pela área de contribuição da bacia traduz o valor economicamente reconhecido pelo mercado na prestação do serviço de conservação do parâmetro “qualidade”.

Estabeleceu-se que a qualidade desejável da água a ser tratada é aquela definida pelas normas como a de “Classe Especial”. Apesar de ainda apresentar parâmetros fora da norma de potabilidade, é a classe de água superficial de melhor qualidade possível, sendo necessário, na sua adequação às normas de potabilidade para fornecimento público, um gasto muito menor de produtos químicos comparado a outras classes. É o menor custo possível de tratamento de água, sendo, portanto, a meta a ser atingida; o nosso referencial.

Os custos dos produtos químicos necessários para levar esta água aos parâmetros desejados representam o Custo de Tratamento no Manancial Conservado – CTc. Para este caso utilizou-se a água captada no manancial Catarina localizado dentro do PESRM, com água bruta de classe especial. Este manancial com seu custo de produtos químicos está listado e identificado na Tabela 11.

Na outra ponta, observou-se que, apesar da legislação permitir a utilização de águas superficiais de Classe III no abastecimento público após o seu tratamento, a COPASA ainda não necessitou lançar mão de captações nestas condições com tal finalidade. Além das raras captações de Classe Especial, têm-se captações em cursos d’água de Classe I e de Classe II. Para efeito deste estudo tomou-se como base o custo de produtos químicos necessários pra levar uma água captada de Classe II até os parâmetros de potabilidade exigidos.

Utilizou-se os dados do tratamento da ETA Rio das Velhas, o maior valor do custo de tratamento entre as 07 (sete) diferentes captações com diferentes portes e em diferentes bacias e condições de uso. Os custos dos produtos químicos necessários para levar esta água aos

parâmetros desejados representa o Custo de Tratamento no Manancial Degradado – CTd. Este manancial com seu custo de produtos químicos está listado e identificado na Tabela 10.

O volume captado a ser aplicado na fórmula é aquele captado na ETA cuja bacia é protegida pela unidade onde se pretenda aplicar a metodologia e a área da bacia a ser utilizada na fórmula é a área efetivamente protegida pela UC e que contribui para o manancial.

Neste trabalho optou-se por utilizar os dados de volume e área das captações protegidas pelo Parque Estadual da Serra do Rola Moça e que estão disponíveis na Tabela 8.

A fim de se atingir os cálculos necessários, necessita-se do volume captado na bacia protegida ou Vdp dado em m³/ano, dividido pela área da bacia de contribuição do manancial protegido ou Amp dada em hectare, para calcular o volume tratado por hectare ou VMt.

Assim VMt é igual:

$$VMt = \frac{Vdp}{Amp} \quad (4.3)$$

A equação que calcula o Valor da Manutenção da Qualidade fica assim representada:

$$VMQ = (CTd - CTc) * VMt \quad (4.4)$$

Onde:

VMQ = Valor da Manutenção da Qualidade dado em R\$/hectare/ano;

CTd = Custo de Tratamento Manancial Degradado, dado em R\$/m³;

CTc = Custo de Tratamento Manancial Conservado, dado em R\$/m³;

Vdp = Volume disponibilizado na bacia protegida, dado em m³/ano;

Amp = Área da bacia do manancial protegido, dado em hectares;

VMt = Volume tratado por hectare, dado m³/ha/ano.

Assim, para o cálculo do parâmetro de “Manutenção da Qualidade” será necessário conhecer o volume específico da bacia protegida e sua área em hectares, em cada UC onde se pretenda aplicar a metodologia.

4.2.3. MANUTENÇÃO DA QUANTIDADE E O SEU VALOR

Para estabelecer o valor da Manutenção da Quantidade a hipótese sugere que áreas conservadas e com pouca ou nenhuma interferência antrópica possibilitam uma maior infiltração das águas de chuva, permitindo uma melhor recarga dos aquíferos tornando os mananciais mais perenes se comparados com outras áreas com grande interferência antrópica.

Ponto fundamental que limita a comparação dos dados é que o tipo de cobertura da área da bacia e tipo de solo tem influência marcante no processo de infiltração.

Assim, se buscou no estudo do SCS apresentado no item 3.5 deste trabalho os dados necessários para estabelecer a comparação proposta. A adaptação do estudo do SCS à realidade brasileira também foi descrita neste mesmo item. Com estes dados e sabendo-se o volume médio de precipitação anual foi possível calcular o volume que infiltra a mais num determinado tipo de solo protegido por uma floresta em comparação com uma pastagem mal manejada.

Utilizou-se como referência de infiltração ideal as áreas com cobertura vegetal nativa – ou na Tabela 6 “Floresta: cobertura boa” – por serem áreas sem ou com pouca interferência antrópica, realidade similar a das UCs. Em comparação, se tomou como contraponto as áreas de pastagens – ou na Tabela 6 “Pastagem ou terrenos em más condições” – por ser esta uma das atividades mais presentes nas captações fora de UCs.

O volume de água que infiltra a mais numa área preservada por uma UC, comparada com as áreas de pastagem, estabelece o serviço prestado. Para se chegar ao valor do serviço basta fazer a multiplicação direta do volume pelo preço da água. Como referência de preço da água tomou-se como base aquele cobrado pelos comitês de bacias, utilizando-se a média destes preços (Tabela 1). O resultado final é dado em R\$/ha/ano.

O cálculo depende do conhecimento da precipitação anual na área. Tomou-se como referência a estação meteorológica da Agência Nacional de Águas – ANA em Ibitiré - MG (2044012), localizada no ponto de coordenada 20°02’34” Latitude Sul e 44°02’36” Longitude Oeste em operação desde 01/01/1945. Foram analisados os dados disponíveis de 1945 a 2013 e a média anual de precipitação foi de $P = 1.763,22$ mm de chuva, desconsiderado o ano 1966 pela omissão de dados nos meses de fevereiro, março e abril. (Tabela 12).

A partir destes dados, e conhecendo-se a precipitação anual total (P) e o tipo de solo da bacia de estudo, pode-se calcular a chuva excedente (Pe) e desta, extrair o volume total infiltrado (It) que será dado pela fórmula:

$$It = P - Pe$$

Substituindo Pe pela fórmula [3.3] (pag. 53) tem-se:

$$It = P - \left(\frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S} \right) \text{ para } P > (0,2 * S) \quad (4.5)$$

Continuando e substituindo S pela fórmula (3.4) tem-se:

$$It = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad (4.6)$$

Neste parâmetro comparou-se a quantidade de água infiltrada em uma área preservada com baixa ou nenhuma interferência antrópica com outra oposta em termos de ocupação. Como as atividades antrópicas destas áreas são inúmeras e seria pouco produtivo descrever e comparar cada uma delas optou-se por utilizar a atividade da pecuária com suas áreas de pastagem como nosso referencial, por ser esta uma das atividades econômicas mais recorrentes no Brasil e que ocupa grande parte da área de nossas bacias hidrográficas.

Com base nos dados apresentados foi possível determinar qual o volume de água que infiltra a mais em uma área protegida pela cobertura vegetal nativa ou na Tabela 6 “Floresta: cobertura boa” – ItN, calculado pela fórmula (4.5) em comparação com o volume infiltrado em uma área antropizada e utilizada por pastagem ou na Tabela 6 “Pastagem ou terrenos em más condições” – ItP. A maior infiltração é garantida pelo serviço de proteção prestado pela Unidade de Conservação. O resultado da infiltração será apresentado em mm. Ao final do cálculo deve-se multiplicar o resultado por 10 (dez) para apresentá-lo em metros cúbicos por hectare (m³/ha).

O valor econômico deste parâmetro é dado pela valoração direta deste gradiente de infiltração multiplicando-se este pela média do valor dado ao bem água pelos comitês de bacia do estado de Minas Gerais – mVA.

A equação que representa o Valor da Manutenção da Quantidade – VMQt fica assim representada:

$$VMQt = (ItN - ItP)mVA \quad (4.7)$$

Onde:

VMQt = Valor da Manutenção da Quantidade dado em R\$/hectare/ano;

ItN = Volume que infiltra em áreas cobertas por vegetação nativa, dado m³/ha/ano;

ItP = Volume que infiltra em áreas cobertas por pastagens, dado m³/ha/ano;

mVA = Média do Valor dado ao bem água pelos Comitês de Bacias do estado de Minas Gerais dado em R\$/m³;

4.2.4. GARANTIA DE PROTEÇÃO E SEU VALOR

Em áreas sem uma proteção específica as atividades antrópicas acabam por degradar esta área e trazer consequências indesejadas, mesmo sendo estas atividades reguladas por alguma norma legal, ou por instrumentos de gestão ambiental como o licenciamento. A conversão do uso do solo para quase todas as atividades econômicas leva à substituição da cobertura vegetal nativa. Seja implantando pastagens, minerando ou construindo novas cidades, as atividades humanas vão modificando o ambiente e em consequência deteriorando a qualidade ambiental daquele espaço. Como já visto, quando se trata de água, esta deterioração passa pelo comprometimento de sua qualidade, à diminuição do fluxo, a ocorrência de inundações nas partes baixas da bacia ou a falta de chuva que é uma realidade não menos grave.

Como demonstrado, garantir a perpetuidade na conservação de alguns espaços é uma das tarefas das Unidades de Conservação. A norma legal assegura que, a menos que se decida pela sua desafetação, uma UC tem um caráter de proteção perpétuo. A desafetação só é possível com a votação pelo legislativo de lei específica que destine aquela área para outros fins. Assim, a UC presta um serviço garantindo a conservação da área *ad eternum*.

Nesta situação, para o cálculo do valor do serviço de proteção prestado, o método que mais se aproxima da realidade de mercado é o método de Custo de Oportunidade. A indisponibilização de uma determinada área para as atividades econômicas clássicas para torná-la uma unidade de conservação tem um determinado custo de renúncia a uma receita anual líquida.

Seroa da Motta (1997, p. 8) em seu Manual para Valoração Econômica dos Recursos Ambientais escreve:

Por exemplo, restrições ao uso da terra em unidades de conservação impõem perdas de geração de receita, visto que atividades econômicas são restritas in-situ. A renda líquida abdicada pela restrição destas atividades é uma boa medida do custo de oportunidade associado com a criação desta unidade de conservação. O uso de renda líquida decorre do fato de que a renda bruta destas atividades sacrificadas tem que ser deduzida dos seus custos de produção, que também restringem recursos para a economia. De fato, a renda líquida significa a receita líquida provida pelas atividades sacrificadas e representaria, assim, o custo de oportunidade da conservação.

Atividades como a pecuária extensiva de corte, a agricultura, a pecuária leiteira, a expansão urbana ou o chacreamento, ou até mesmo a mineração, são atividades que podem servir de parâmetro para o cálculo do custo de oportunidade.

Definiu-se a atividade da pecuária extensiva de corte como aquela a ser quantificada neste estudo. Justifica-se esta escolha por ser esta uma atividade das mais recorrentes no território brasileiro e em consequência em Minas Gerais, sendo encontrada até mesmo em áreas com baixíssima vocação para o agronegócio.

Os dados (Tabela 9) mostram a variação da receita líquida auferida pela atividade de pecuária extensiva de corte por hectare ao ano. Esta variação se deve ao grau de tecnificação utilizado na atividade, à qualidade das pastagens, ao manejo e a qualidade genética do rebanho, aos aspectos de sanidade e ao controle de mortalidade e nascimento, entre outros. Não restam dúvidas que esta variação existe, não sendo possível determinar em que percentual se enquadram a mais ou menos rentável. Assim, se torna necessário utilizar uma média destes valores para utilizar neste trabalho. Desta forma, o Valor da Garantia de Proteção – VGP é a média da receita líquida da atividade de pecuária extensiva de corte dada pelo estudo da EMBRAPA.

Fica assim a fórmula deste parâmetro:

$$VGP = \overline{RL} \quad (4.8)$$

Onde:

VGP = Valor da diminuição do risco do empreendedor, dado em R\$/hectare/ano;

\overline{RL} = Média das receitas líquidas da atividade de pecuária extensiva de corte, dada em R\$/hectare/ano.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados levantados e diante da metodologia apresentada foi calculado o valor do serviço proposto. Tendo como cenário as quatro variações possíveis de tipos de solo calculou-se o valor do parâmetro Manutenção da Quantidade considerando os quatro cenários. Portanto, o valor total do serviço de proteção de mananciais variou em função do tipo de solo.

5.1. VALORAÇÃO DA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE OU VMQ

Tem-se conforme a Tabela 10 os custos dos produtos químicos necessários para tratar 1000 m³ da água bruta de Classe II proveniente das captações sem proteção chamado de Custos do Tratamento dos Mananciais degradados ou simplesmente, CTd. O custo de tratamento selecionado foi o da ETA Rio das Velhas que teve os maiores custos. O CTd corresponde a R\$147,14/1000m³ ou R\$0,14714/m³.

Conforme a Tabela 11 tem-se os custos dos produtos químicos necessários para tratar 1000 m³ da água bruta de Classe Especial proveniente dos Mananciais conservados ou simplesmente, CTc. O custo selecionado foi a da captação do Ribeirão Catarina que teve os menores custos e corresponde a R\$30,34/1000m³ ou R\$0,03034/m³.

A Vazão Média tratada por hectare ou simplesmente VMt é dada pela média dos volumes captados nos mananciais protegidos pelo PESRM que corresponde a 855 litros por segundo ou 26.963.280 metros cúbicos tratados anualmente dividido pela área da que contribui para estes mesmos mananciais que corresponde a 3.155 hectares, conforme dados da COPASA constantes da Tabela 8.

Assim, aplicando a fórmula 4.2 tem-se:

$$VMt = \frac{Vm}{Am} \quad [4.3]$$

$$VMt = \frac{26.963.280 \text{ m}^3}{3.155 \text{ ha}}$$

$$VMt = 8.546,21 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Assim, aplicando a fórmula 4.3 tem-se:

$$VMQ = (CTd - CTc) * VMt \quad [4.4]$$

$$VMQ = (R\$0,14714 - R\$0,03034) * 8.546,21$$

Obteve-se o valor do Valor de Manutenção da Qualidade.

$$VMQ = 998,20 R\$/ha/ano$$

5.2. VALORAÇÃO DA MANUTENÇÃO DA QUANTIDADE OU VMQT

Tem-se conforme Tabela 6 que o CN para uma área conservada varia conforme os 04 (quatro) grupos diferentes de solo, os seguintes valores:

- a. Tipo de solo A – 25
- b. Tipo de solo B – 55
- c. Tipo de solo C – 70
- d. Tipo de solo D – 77

Considerando a média de precipitação P calculada para a região do PESRM de 1.763,22 mm/ano e aplicando a fórmula 4.6 tem-se:

Caso A: CN = 25

$$ItN = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItNA = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{25} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{25} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItNA = 669,70 mm/ano ou 6.697 m³/ha/ano

Caso B: CN = 55

$$ItN = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItNB = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{55} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{55} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItNB = 227 mm/ano ou 2.270 m³/ha/ano

Caso C: CN = 70

$$ItN = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItNC = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{70} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{70} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItNC = 124,22 mm/ano ou 1.242,20 m³/ha/ano

Caso D: CN = 77

$$ItN = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItND = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{77} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{77} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItND = 87,89 mm/ano ou 878,9 m³/ha/ano

Tem-se conforme Tabela 6 que o CN para uma área degradada varia conforme os 04 (quatro) grupos diferentes de solo, os seguintes valores:

- a. Tipo de solo A – 68
- b. Tipo de solo B – 79
- c. Tipo de solo C – 86
- d. Tipo de solo D – 89

Considerando a média de precipitação P de forma hipotética calculada para a região do PESRM de 1.763,22 mm/ano e aplicando a fórmula 4.6 tem-se:

Caso A: CN = 68

$$ItP = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItPA = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{68} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{68} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItPA = 135,75 mm/ano ou 1.357,5 m³/ha/ano

Caso B: CN = 79

$$ItP = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$

$$ItPB = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{79} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{79} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItPB = 78,51 mm/ano ou 785,1 m³/ha/ano

Caso C: CN = 86

$$ItP = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$
$$ItPC = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{86} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{86} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItPC = 48,67 mm/ano ou 486,7 m³/ha/ano

Caso D: CN = 89

$$ItP = P - \left(\frac{\left(P - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right) \right)^2}{P + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)} \right) \quad [4.6]$$
$$ItPD = 1763,22 - \left(\frac{\left(1763,22 - 0,2 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{89} - 10 \right) \right) \right)^2}{1763,22 + 0,8 * \left(25,4 \left(\frac{1000}{89} - 10 \right) \right)} \right)$$

ItPD = 37,12 mm/ano ou 371,2 m³/ha/ano

Aplicando a fórmula 4.6 depois de multiplicar o resultado de ItN e ItP por 10 (dez) e considerando a média dos valores da cobrança da água R\$0,012 tem-se no caso A:

$$VMQt = (ItN - ItP)mVA \quad [4.7]$$

$$VMQtA = (ItNA - ItPA)mVA$$

$$VMQtA = (6697 - 1357,5)0,012$$

$$VMQtA = R\$64,07/ha/ano$$

No caso B:

$$VMQt = (ItN - ItP)mVA \quad [4.7]$$

$$VMQtB = (ItNB - ItPB)mVA$$

$$VMQtB = (2270 - 785,10)0,012$$

$$VMQtB = R\$17,82/ha/ano$$

No caso C:

$$VMQt = (ItN - ItP)mVA \quad [4.7]$$

$$VMQtC = (ItNC - ItPC)mVA$$

$$VMQtC = (1242,20 - 486,70)0,012$$

$$VMQtC = R\$9,07/ha/ano$$

No Caso D:

$$VMQt = (ItN - ItP)mVA \quad [4.7]$$

$$VMQtD = (ItND - ItPD)mVA$$

$$VMQtD = (878,90 - 371,20)0,012$$

$$VMQtD = R\$6,09/ha/ano$$

5.3. VALORAÇÃO DA GARANTIA DE PROTEÇÃO OU VGP

Utilizando os dados da Tabela 9 e aplicando a média aritmética simples tem-se o seguinte resultado:

$$\overline{RL} = \frac{\Sigma}{n}$$

$$\overline{RL} = \frac{18 + 180 + 180 + 720}{4}$$

$$\overline{RL} = 274,50$$

Aplicando a fórmula 4.4 tem-se:

$$VGP = \overline{RL} \quad [4.8]$$

$$VGP = R\$274,50$$

5.4. VALOR DO SERVIÇO DE PROTEÇÃO DE MANANCIAS

O valor total do Serviço de proteção de mananciais é a somatória dos valores de cada parâmetro. Relembrando que o parâmetro de manutenção da quantidade pode ter quatro valores distintos dependendo dos quatro grupos de solos – A, B, C ou D – o valor global do serviço vai variar em função destes diferentes resultados.

Aplicando a fórmula 4.2 tem-se:

$$VSPMA = VMQ + VMQtA + VGP \quad [4.2]$$

Substituindo os valores calculados considerando o caso A:

$$VSPMA = 998,20 + 64,07 + 274,50$$

$$VSPMA = R\$1.336,77/ha/ano$$

Para o caso B tem-se:

$$VSPMB = 998,20 + 17,50 + 274,50$$

$$VSPMB = R\$1.290,52/ha/ano$$

Para o caso C tem-se:

$$VSPMC = 998,20 + 8,97 + 274,50$$

$$VSPMC = R\$1.281,77/ha/ano$$

Para o caso D tem-se:

$$VSPMD = 998,84 + 6,05 + 274,50$$

$$VSPMD = R\$1.278,79/ha/ano$$

A título de exemplo e para demonstrar como estes recursos podem ajudar no financiamento da manutenção de nossas UCs tomou-se a área de captação do Parque Estadual da Serra do Rola Moça. Dos 3.941,09 hectares do parque, 3.155 ha protegem mananciais de captação e estão conservados. Aplicando o valor calculado de R\$1.281,77 (hum mil duzentos e oitenta e um reais e setenta e sete centavos) para o serviço, considerando a situação C, pois o solo predominante no PESRM é o Argisolo Vermelho Amarelo, tem-se o valor que seria arrecadado anualmente e aplicado na proteção e manutenção do PESRM de R\$4.043.984,35 (quatro milhões, quarenta e três mil, novecentos e oitenta e quatro reais e trinta e cinco centavos).

6. CONCLUSÕES

Durante todo o trabalho foi possível constatar a importância da correta utilização dos recursos naturais da bacia hidrográfica. No que se refere aos recursos hídricos, o fantasma do desabastecimento, do racionamento, da escassez prolongada e dos conflitos entre os usuários da água já são sentidos não só em regiões onde historicamente este recurso já era limitado. Em regiões como o sudeste do Brasil, estados como São Paulo e Rio de Janeiro começam a travar batalhas políticas em torno do tema. Lamentável é perceber que a preocupação dos governantes, políticos, mídia e de grande parte da população está voltada para as consequências – racionamento, falta d'água, custos e investimentos em novas captações, enfrentamento político – quando na verdade o grande problema não está sendo discutido. O que está levando a este racionamento? Porque os mananciais estão em níveis tão baixos? Como estão as áreas de recarga destes mananciais? Como estamos tratando de nossas áreas de preservação permanente?

Cabe ressaltar que alternativas economicamente viáveis que gerem ganhos e estimulem a conservação não estão no foco das discussões embora estudos venham demonstrando que o esforço por conservar atributos naturais garante a continuidade de processos essenciais ao desenvolvimento econômico. Num futuro próximo, a persistir a atual forma de utilização dos recursos naturais sem considerar a necessidade de respeitar os limites a este uso, a escassez de bens ambientais, tais como a água, serão sérios limitantes ao desenvolvimento econômico.

O espaço natural preservado seja com florestas nativas, campos de altitude ou rupestres, cerrado ou caatinga, está intimamente ligado com a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos e a conservação deveria ser pauta obrigatória em qualquer reunião que trate das estratégias de desenvolvimento do país. Não como obstáculo ao desenvolvimento pela necessidade da conservação como se vê atualmente, mas como fator limitante ao crescimento econômico.

Voltando para os objetivos do trabalho, esta dissertação buscou evidenciar a importância das Unidades de Conservação na proteção das áreas de recarga hídrica e o caráter econômico desta proteção. O reconhecimento da importância das Unidades de Conservação na guarda de nossos ativos ambientais, reconhecimento este já presente na lei do SNUC, foi reforçado quando se demonstra que as UCs além de guardarem o precioso patrimônio

genético, biológico, cultural, guardam também importantes ativos econômicos, vitais à economia do país.

O valor calculado pelo serviço prestado está muito aquém de sua significância para a sociedade e para a manutenção da vida, mas deixa claro que é necessário continuar avançando no sentido de aprimorar as metodologias de valoração hoje existentes tornando-as mais precisas.

As limitações identificadas neste estudo, tais como uma metodologia de classificação de solos desenvolvida para a realidade brasileira assim como a desenvolvida pelo *Soil Conservation Service – SCS* para os Estados Unidos da América, ou a disponibilização de informações que são públicas de forma mais acessível, são lições que devemos tomar para o crescimento da ciência voltada para a sociedade.

Os dados fornecidos pela COPASA no que se refere aos custos dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, informação essencial para uma valoração mais assertiva apresentou-se com sérias distorções, tanto em relação aos valores de mercado, quanto com uma coerência na própria informação vinda do órgão. Este fato tem forte influência no valor do serviço, levando-o a uma subestimação.

Na aplicação da metodologia de valoração ora desenvolvida é necessária a identificação da precipitação média anual além da identificação do solo predominante na bacia de contribuição da região da UC que se pretenda aplicar a metodologia, além do volume captado e a área da bacia protegida conforme Tabelas 5, 8 e 12.

Como pode-se observar o parâmetro de Manutenção da Quantidade representa uma parcela muito pequena no valor do serviço total, muito em função do baixo valor atribuído ao bem “água”. Esta realidade tende a mudar devido à lei de mercado, visto que com a escassez do recurso seu preço tende a subir.

O valor do serviço é aplicável somente em áreas totalmente conservadas e que contribuam para a formação da bacia e não por toda a UC. Áreas em recuperação ou em uso que estejam dentro da bacia devem ser descontadas do cálculo até sua total recuperação.

Limitações na determinação da quantidade de água infiltrada, ocasionadas pelo uso de dados secundários, apesar de não trazerem prejuízos à hipótese apresentada neste estudo, podem ser minimizadas se estes dados forem aferidos com pesquisas de campo, convalidando as perspectivas dos dados secundários.

Os valores alcançados neste estudo de valoração estão condizentes com a realidade econômica brasileira e demonstram não o valor real deste serviço que é insubstituível e

consequentemente imprecificável, mas aquele reconhecível pela sociedade dentro do seu modelo economicamente aceito.

O valor do serviço de proteção de mananciais – SPM calculado para a situação proposta que se refere ao Parque Estadual da Serra do Rola Moça, foi de R\$1.281,77 (hum mil duzentos e oitenta e um reais e setenta e sete centavos) considerando: o solo predominante no PESRM que se enquadra no tipo C; a média do volume precipitado na região; a área da bacia de contribuição; o volume captado no manancial mantido por esta bacia.

É necessário que se adeque as informações da unidade de conservação onde se pretenda aplicar esta metodologia.

A aplicação desta metodologia em áreas particulares pode estimular a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN, por possibilitar uma receita ao proprietário da área viabilizando uma contrapartida financeira ao esforço da conservação.

7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que na aplicação prática dessa metodologia de valoração se levar em consideração a condição socioeconômica do usuário e o impacto da captação no volume de água disponível.

No início deste trabalho esperava-se correlacionar a qualidade da água com cobertura vegetal nativa. A proposta era comparar os dados do Programa Águas de Minas do IGAM, que monitora a qualidade da água em pontos definidos e que conta com uma série histórica de dados, delimitando a bacia de contribuição destes pontos e analisando a evolução do uso e ocupação destas áreas com a conversão do uso do solo e a influência da retirada da vegetação nativa na qualidade da água. A análise seria feita através de imagens de satélite acompanhando a série histórica dos dados do IGAM. A limitação de tempo e a complexidade do trabalho proposto não permitiram a realização deste objetivo inicial. Fica este objetivo como sugestão de trabalhos futuros por entender-se que a comprovação científica dessa correlação será de grande valia para a academia e para a sociedade.

Outra sugestão é a realização de estudos de campo para a obtenção de dados primários no que se refere à infiltração de água. A aplicação de metodologias que possam medir a quantidade infiltrada de água nos diversos grupos de solos brasileiros e em pelo menos dois cenários de ocupação propostos por este trabalho – pastagens degradadas ou mal conservadas e áreas conservadas com vegetação nativa – também serão de grande relevância para estudos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, H. Externalidade ambiental e sociabilidade capitalista. In: Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável/ Clovis Cavalcanti, organizador. – Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco 2003 – 4ª edição. P. 128 – 138.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>> Acessado em 06/10/2013.
- AGENDA 21 GLOBAL. Capítulo 18: Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos (item 18.8) United Nations. Texto em português disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global/item/670> > Acessado em 12/12/2013.
- ALIPAZ, S. M. F. Quantificação e valoração econômica dos serviços ambientais redutores de sedimentação na bacia do ribeirão pipiripau, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, publicação PPGEFL.DM – 137/2010, Departamento de Eng. Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 86 p.
- ANDRADE, A; SOUSA, S; DIOGO, J. M. S. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo. Trabalho apresentado no IX Simpósio Nacional do Cerrado: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Brasília, 2008.
- ANDREOLI, C. V; DALARMI, O; LARA, A.I; ANDREOLI, F.N; Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba - RMC – 9º SILUBESA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro, Anais. 2000. p.196-205.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Comparação de infiltração de água no solo mensurada em período seco e úmido, em diferentes usos da terra na bacia do arroio Boa Vista, Guamiranga, Paraná. *Ambiência*, Guarapuava, Paraná. v.5, n.2, p.301-318, maio/ago. 2009.
- BALBINOT, R; OLIVEIRA, N.K; VANZETTO, S.C.; PEDROSO, K.; VALÉRIO, A.F.. O Papel da Floresta no Ciclo Hidrológico em Bacias Hidrográficas. *Ambiência*, Guarapuava, PR. V.4 n.1 p 131-149 Jan./Abr. 2008.
- BRASIL. Lei 9.433 de 08 de Janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm> Acesso em 14/10/2013.
- BRASIL. Lei 9.985 de 18 de Julho de 2000 – Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. 5.ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.

- BRASIL. Decreto 4.340 de 22 de Agosto de 2002 – Regulamenta a Lei 9.985/2000. . 5.ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2004. 56p.
- BROWN, L. R. Eco-Economia: construindo uma economia para a terra / Lester R. Brown. - Salvador: UMA. 2003 – 1ª edição.
- BRÜSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável/ Clovis Cavalcanti, organizador. – Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco 2003 – 4ª edição. P. 29 – 40.
- CAMARGOS, L. M. M. Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004/ Luíza de Marillac Moreira Camargos (coord.). - Belo Horizonte : Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005.
- CAVALCANTI, C. Breve introdução à economia da sustentabilidade. In: Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável/ Clovis Cavalcanti, organizador. – Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco 2003 – 4ª edição. p. 17 – 25.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. Revista Estudos Avançados, São Paulo, V. 24, N. 68, p. 53-67, 2010.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Programa de proteção de mananciais. Aprovado pela Diretoria Colegiada em 16/12/03. Belo Horizonte, 2003.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Proteção de mananciais. Disponível em <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=87> >Acessado em 03 Ago. 2013.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. População atendida pela COPASA com serviços de esgoto aumenta 6,2%, e de água 3,4% em 2013. Disponível em <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?Servicos=%2Fcgi%2Fcgilua%2Eexe%2Fsys%2Fstart%2Ehtm%3Fsid%3D255%26inford%3D1628%26tpl%3Dsection%2Ehtm&fale=N%2FA&image1%2Ex=0&image1%2Ey=0&inford=3230&query=simple&search%5Fby%5Fauthname=all&search%5Fby%5Ffield=tax&search%5Fby%5Fheadline=false&search%5Fby%5Fkeywords=any&search%5Fby%5Fpriority=all&search%5Fby%5Fsection=&search%5Fby%5Fstate=all&search%5Ftext%5Foptions=all&sid=136&text=popula%2E3o+atendida> > Acessado em 12 Mar 2014.
- CONSTANZA, Robert *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, v. 387, p. 253-260, 1997.
- CONSTANZA, R; FARBER, S. C; MAXWELL, J. Valuation and management of wetland ecosystems. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1989, p. 335-361.

- COSTA, Patricia C. Unidades de conservação – matéria prima do ecoturismo. São Paulo: Editora Aleph, 2002.
- DALY, H. E; FARLEY, J. Ecological economics : principles and applications. Washington, DC: Island Press, 2004.
- d'AVIGNON, A.; CARUSO, L. A. C. O caráter necessariamente sistêmico da transição rumo à economia verde. In: ECONOMIA VERDE Desafios e oportunidades. Revista Política Ambiental Nº 8 – Junho de 2011.
- DONADIO, N; GALBIATTI, J; DE PAULA, R. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Amazônia Oriental. Criação de bovinos de corte no estado do Pará. Sistema de Produção 3, Versão eletrônica, 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCorteP ara/index.html>> Acessado em 04/01/2014.
- ERNST, C; GULLICK, R; NIXON, K. Protecting the Source. Conserving forests to protect water. In: American Water Works Association. Vol. 30, nº 5. May 2004.
- FAVARETO, A. Economia verde e um novo ciclo de desenvolvimento rural. In: ECONOMIA VERDE Desafios e oportunidades. Revista Política Ambiental Nº 8, p. 131 – 142. Junho de 2011.
- FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M. Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC, 2002.
- GEOISEMANET. <http://geoisemanet.meioambiente.mg.gov.br/outorga/>> Acessado em 15 de Set. de 2014.
- HARDIN, G. The tragedy of the commons. Science, vol. 162, p. 1243 – 1248. Dezembro de 1968. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/content/162/3859/1243.full.pdf>> Acessado em 16 de Out. de 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – Notícias: rebanho bovino cresce 1,6% e chega a 212,8 milhões de cabeças. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2241>> Acessado em 08 Mar. 2014.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS – IEF. Parque estadual da Serra do rola moça. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/198?task=view>> Acessado em: 15 Out. de 2013.

- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS DE MINAS GERAIS – IEF. Áreas protegidas. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas>> Acessado em: 15 Out. de 2013.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br>.> Acessado em 06/10/2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Dados histórico – precipitação total. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83632&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01012010&mRelDtFim=31122010&mAtributos=,,,,,,1,,,,,> Acessado em 16 Mar. 2014.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo / Marussia Whately, Marcelo Hercowitz. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. UCs federais por bioma no Brasil. Disponível em: <http://uc.socioambiental.org/bioma/ucs-federais-por-bioma-no-brasil>> Acessado em: 14 Jan. 2014.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. Disponível em: http://www.iucn.org/about/work/programmes/gpap_home/pas_gpap/> Acessado em 14 Jan. 2014.
- KAPLOWITZ, M. D; LUPI, F; ARREOLA, O. Local Markets for Payments for Environmental Services: Can Small Rural Communities Self-Finance Watershed Protection? Spring Science Business Media B.V., 2012. 26:3689–3704 DOI 10.1007/s11269-012-0097-y.
- KARL, M. O capital. V. 1, cap. I, sec. 1. Disponível em <http://www.marxists.org/portugues/marx/1867/ocapital-v1/vol1cap01.htm>> Acessado em 22 out. 2013.
- LOMAS, P.L.; DI DONATO, M.; ULGIATI, S. La síntesis emergética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base termodinámica. Ecosistemas, 2007.
- MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. Valoração de Recursos Ambientais – metodologias e recomendações. Texto para discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 116, mar. 2004.
- MALTHUS, T. R. Ensaio sobre a população. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- MAY, P. H. Avaliação integrada da economia do meio ambiente: propostas conceituais e metodológicas. In: ROMEIRO, A. R. *et al.* Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas, SP: UNICAMP. IE.
- MAY, P. H. Economia ecológica e o desenvolvimento equitativo no Brasil. In: Economia ecológica – Aplicações no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

- MEBRATU, D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. Elsevier Science Inc., 1998.
- MEDEIROS, R; YOUNG; C.E.F; PAVESE, H. B; ARAÚJO, F. F. S. Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 2011.
- MENDONÇA, L.A.R. *et al.* Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza, v. 14, n.1, p.89-98, jan./mar. 2009.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Biodiversity regulation of ecosystem services. Coordenação: Sandra Díaz, S.; Tilman, D.; Fargione, J. Cap. 11, p. 300. Washington, DC. ISLAND PRESS, 2005.
- MINAS GERAIS. Decreto 21.280 de 28 de abril de 1981. Define como de interesse especial, para proteção de mananciais, os terrenos situados na bacia hidrográfica do Ribeirão do Urubu, município de Pedro Leopoldo. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=21280&comp=&ano=1981>> Acessado em 14 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Decreto 21.372 de 01 de julho de 1981. Define como de interesse especial, para proteção de mananciais, terrenos situados na bacia hidrográfica do Córrego Mutuca, município de Nova Lima. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=21372&comp=&ano=1981>> Acessado em 14 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Decreto 22.055 de 05 de maio de 1982. Define área de especial, no município de Ouro Branco, para fins de proteção de mananciais. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=22055&comp=&ano=1982>> Acessado em 14 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Decreto 22.110 de 14 de junho de 1982. Define como de interesse especial, para proteção de mananciais, terrenos situados na bacia hidrográfica do Sistema Bálsamo – Rola Moça, no município de Inirité. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=22110&comp=&ano=1982>> Acessado em 14 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Decreto 36.071 de 27 de setembro de 1984. Cria o parque estadual da serra do rola moça. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=36071&comp=&ano=1994>> Acessado em 15 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Lei 14.309 de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre as políticas, florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=LEI&num=14309&comp=&ano=2002&texto=consolidado#texto>> Acessado em 15 Out. 2013.

- MINAS GERAIS. Decreto 44.204 de 10 de janeiro de 2006. Cria o Parque Estadual da Lapa Grande, no Município de Montes Claros. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=44204&comp=&ano=2006>> Acessado em 14 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Lei 19.484 de 12 de janeiro de 2011. Dispões sobre as políticas, florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=19484&comp=&ano=2011>> Acessado em 15 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Lei 20.922 de 16 de outubro de 2013. Altera a lei 14.309 de 19/06/2002, que dispõe sobre as políticas, florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=LEI&num=20922&comp=&ano=2013&texto=original>> Acessado em 15 Out. 2013.
- MINAS GERAIS. Portal da Transparência. Despesas do estado. Disponível em: <http://www.transparencia.mg.gov.br/estado/despesa> > Acessado em 13 Dez. 2013.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro/Wigold Bertoldo Schäffer... [et al.]. – Brasília: MMA, 2011.
- MIRANDA, G. M., VITALE, V., ZAMPIER, J. F. Levantamento das metodologias propostas para valoração econômica de bens ambientais. Floresta, Curitiba – PR, v. 39, nº 04, p. 861 – 867, out./dez. 2009.
- MOTA, J. A. Valorando Recursos Naturais e Serviços Ambientais. Seminário Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal. Secretária de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. Manaus, BRASIL. Impresso, 2000.
- MOTA, J. A; BURSTZYN, M; CANDIDO Jr., J. O; ORTIZ, R. A. A valoração da biodiversidade: conceitos e concepções metodológicas. In: Economia do meio ambiente: teoria e prática/ Peter H. May, Maria Cecília Lustosa, Valéria da Vinha, organizadores. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2010 – 2ª edição. p. 265 – 288.
- NATIONAL PARK SERVICE. Horse stage at Wawona tunnel tree. Disponível em: <http://www.nps.gov/media/photo/gallery.htm?id=B17BC4E5-155D-4519-3EC6B73FCE2806A8#>> Acessado em 15 Jan. 2014.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL; COMMITTEE TO REVIEW THE NEW YORK CITEWATERSHED MANAGEMENT STRATEGY; WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY BORD; COMISSION ON GEOSCIENCES ENVIRONMENT AND RESOURCES. Watershed management for potable water supply. Assessing the New York city strategy. Disponível em http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9677&page=1> Acessado em 05/10/2013.

- NYC ENVIRONMENTAL PROTECTION. State city announce landmark agreement to safeguard New York City drinking water. Disponível em: http://www.nyc.gov/html/dep/html/press_releases/11-11pr.shtml> Acessado em: 15 Out. 2013.
- NOGUEIRA, J. M; MEDEIROS, M. A. A; ARRUDA, F. S. T. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empirismo? Trabalho apresentado na 50ª reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência – SBPC, Natal, 1998.
- NOGUEIRA, M. P. Pecuária de corte: Perspectiva de mercado para 2011 e 2012. In: Perspectivas para o agrobusiness para 2011 e 2012, maio de 2011. São Paulo – SP. Disponível em:> <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/download/BMFBOVESPA-Mauricio-Palma.pdf>>. Acessado em 04/01/2014.
- NUÑEZ, D; NAHUELHUAL, L; OYARZU, C. Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. *Ecological Economics*. 58, 2006, p. 606– 616.
- OLIVEIRA, M. E. Feitos para não durar. *Revista Ecológico*, Belo Horizonte, ano 6, n.º 65, p. 18-21, jan/2014.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.
- ORTIZ, R.A. Valoração econômica ambiental. In: *Economia do meio ambiente: teoria e prática*/ Peter H. May, Maria Cecília Lustosa, Valéria da Vinha, organizadores. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 – 2ª impressão. p. 81-99.
- PÁDUA, J.A. As bases teóricas da história ambiental. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, V. 24, N. 68, p. 81-101, 2010.
- PATTANAYAK, S. K. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104 (2004) p. 171 – 184.
- PINHEIRO, A; POETA TEIXEIRA, L; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary journal of Applied Science*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.
- RAMOS, F. S. Qualidade do meio ambiente e falhas de mercado. *Revista Análise Econômica*, v. 25 e 26, nº 25 e 26, p. 39 – 51, 1996.
- REIS, L. V. S. Cobertura vegetal e custo de tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: Caso do manancial do município de Piracicaba. 2004. 239. Tese Doutorado em Recursos Florestais. Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ROMEIRO, R. A. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: *Economia do meio ambiente: teoria e prática*/ Peter H. May, Maria Cecília Lustosa, Valéria da Vinha, organizadores. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 – 2ª impressão. p. 3 – 31.

- SARTORI, A; LOMBARDI NETO, F; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005, vol. 10, n. 4, p. 05 – 18.
- SARTORI, A; LOMBARDI NETO, F; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005, vol. 10, n. 4, p. 19 – 29.
- SEROA DA MOTTA, R; MENDES, A. P. F.; MENDES, F. E.; YOUNG, C. E. F. Perdas e serviços ambientais do recurso água para uso doméstico. Rio de Janeiro: IPEA, Pesquisa e Planejamento Econômico, 1994, vol.24, n.1, pp.35-72.
- SEROA DA MOTTA, R. Contabilidade Ambiental: Teoria, Metodologia e Estudos de Casos no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 1995.
- SEROA DA MOTTA, R. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 1997.
- SEROA DA MOTTA, R. Economia ambiental. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.
- SILVA, CL.; KATO, E. Avaliação de modelos para previsão da infiltração de água em solos sob cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.7, p.1149-1158, 1998.
- SINGH, K.; SHISHODIA, A. Environmental economics : theory and applications. New Delhi: Sage Publication, 2007.
- SHIKLOMANOV, I. A. World Water Resources: A new appraisal and assessment for the 21st century. UNESCO, Paris, 1998.
- SPACH, C. L. The concerted action on environmental valuation in europe (EVE): Na introduction. Cambridge Research for the Environment, 2000.
- THE NATURE CONSERVANCY DO BRASIL – TNC; Projeto Conservador das Águas Passo a Passo: Uma Descrição Didática sobre o Desenvolvimento da Primeira Experiência de Pagamento por uma Prefeitura Municipal no Brasil. Adriana Kfourri e Fabiana Favero. Brasília, DF: The Nature Conservancy do Brasil, 2011.
- TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE MINAS GERAIS. Fatores de atualização monetária baseados na variação de: ORTN/OTN/IPC-r/INPC. Disponível em:<http://www.tjmg.jus.br/data/files/CC/45/64/8D/FB103410BA3B1034180808FF/2013.12%20-%20Fatores%20Atualiza_o%20Monetaria%2012.2013.pdf>. Acessado em 04/01/2014.
- TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia Ciência e Aplicação. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e EDUSP, 1993. v. 1.
- TUNDISI, J.G. & TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. Revista Biota Neotropica, 2010. V. 10, n. 4, p. 67 – 75.

- UNEP, 2011. Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – Síntese para tomadores de decisão Disponível em: http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/GER_press_pt.pdf
- UNIVERSIDADE TÉCNICA FEDERAL DO PARANÁ. O Modelo Chuva Vazão do Soil Conservation Service. Disponível em <http://pessoal.utfpr.edu.br/celimar/arquivos/Aula12SCS.pdf> > Acessado em 12 Dez. 2013.
- VEIGA, F. C. N. e MAY, P. H. Mercados para serviços ambientais. In: Economia do meio ambiente: teoria e prática/ Peter H. May, Maria Cecília Lustosa, Valéria da Vinha, organizadores. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2010 – 2ª edição. p. 309 – 332.
- VILLA, F; CERONI, M; KRIVOV, S. Intelligent databases assist transparente and sound economic valuation of ecosystem services. Spring Science Business, 2007. 39:887–899 DOI 10.1007/s00267-006-0269-8
- WATERSHED AGRICUTURAL COUNCIL. The Catskill and Delaware Watershed. Disponível em: http://www.nycwatershed.org/aw_watersheds.html> Acessado em: 15 Jan. 2014.
- WHATELY, M. Serviços ambientais : conhecer, valorizar e cuidar : subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo / Marussia Whately, Marcelo Hercowitz. - São Paulo : Instituto Socioambiental, 2008.
- WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Anexo: Parques nacionais da Suécia. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Parques_nacionais_da_Su%C3%A9cia> Acessado em 31 Jan. 2014.
- WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Anexo: Parques nacionais da Suécia. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ciclo_da_%C3%A1gua.jpg > Acessado em 31 Jan. 2014.
- WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Running Pure: The importance of forest protected areas to drinking water: A research report for the World Bank / WWF. Alliance for forest conservation and sustainable use. Escrito e editado por Nigel Dudley and Sue Stolton. 2003.
- WUNDER, S. Pagos por servicios ambientales: Principios básicos esenciales. CIFOR Occasional Paper nº 42(s). Jakarta, 2006.
- YOUNG, C. E. F. Contabilidade ambiental nacional: fundamentos teóricos e aplicação empírica no Brasil. In: Economia do meio ambiente: teoria e prática/ Peter H. May, Maria Cecília Lustosa, Valéria da Vinha, organizadores. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003 – 2ª impressão. p. 101-132.

ANEXOS

Anexo 1 – Ofício COPASA



Companhia de Saneamento de Minas Gerais

DVLA 689/2009

Belo Horizonte, 30 de dezembro de 2009

Ilmo. Sr.
Dr. Shelley de Souza Carneiro
Diretor Geral do
Instituto Estadual de Florestas
Rua Espírito Santo, 495 8º andar S/805 - Centro
Belo Horizonte – MG

Assunto: Encaminha anuência APE's Urubu e Aeroporto

Prezado Senhor,

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, vem informar, conforme solicitado por esse instituto, que as APE's do Urubu em Pedro Leopoldo e Aeroporto no município de Confins, não possuem interesse como área de preservação para proteção de mananciais superficiais.

Atenciosamente,

Paulo Emilio Guimarães Filho
Gerente da Divisão de Licenciamento Ambiental



30/12/09
Shelley de Souza Carneiro
DIRETOR GERAL - IEF
MASP: 1.065.846-6

Recebido em: 30/12/09
Protocolo Nº
2009
Receit
DG

Anexo 2 – Questionários respondido pela COPASA

ESTACÕES SELECIONADAS

- ETA Rio das Velhas – Rio das Velhas
- ETA Rio Manso – Rio Manso (Lagoa de captação)
- ETA Serra Azul – Ribeirão Serra Azul (Lagoa de captação)
- ETA Ravena – Ribeirão Vermelho
- ETA Brumadinho – Ribeirão Águas Claras
- ETA Itatiaiuçu – Ribeirão Veloso (tem ponto IGAM)
- ETA Crucilândia – Córrego Águas Claras e Água Limpa
- ETA Ibitité – Ribeirões Rola Moça, Bálsamo, Taboões
- ETA Barreiro – Ribeirão do Barreiro
- ETA Morro Redondo – Ribeirões de Fechos, Mutuca e Cercadinho.
- ETA Catarina – Ribeirão Catarina

Coleta de Dados das Captações Seleccionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Catarina – Captação Córrego Catarina (Captação principal e auxiliar)
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico. Abastece parte do Barreiro, Bairro Jardim Canadá/Nova Lima e Cond. Retiro das Pedras/Brumadinho.
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade (X);
 - c. Quantidade;
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhora;
 - b. Piora;
 - c. Estabilidade (X)
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto?
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição;
 - c. Estabilidade (X)
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto?
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Simples cloração, fluoretação e correção de pH

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Hidróxido de sódio – alcalinizante para ajuste do pH

Ácido fluossilícico – fluoretante

Cloro gasoso – oxidante e desinfetante

Período chuvoso:

Idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior

Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

Captação principal: 60%, auxiliar: 40%

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Ác. fluossilícico		Cloro Gasoso		Hidróxido de sódio	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,0078	0,0079	0,004	0,004	0,0056	0,0064
**Preço (R\$/m ³)	0,0013	0,0039	0,020	0,019	0,011	0,016
Volume Tratado por dia (m ³)	4680	4550	4680	4550	4680	4550

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, PH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Pouca variação da qualidade devido ao grau de proteção do manancial. Captação na surgência.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM

19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A preservação do manancial evita a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com consequente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos

20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

SPAM

21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito, prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.

22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Coleta de Dados das Captações Selecionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Crucilândia – Captação Córrego Águas Claras e Córrego Água Limpa
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico, pois abastece 100% em Crucilândia
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade;
 - c. Quantidade; (x)
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhora;
 - b. Piora;
 - c. Estabilidade.(x)
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade moderada na bacia e ocupação urbana
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição;
 - c. Estabilidade.(x)
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade moderada na bacia e ocupação urbana
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Convencional

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Sulfato Ferroso Clorado – coagulante

Soda Cáutica – alcalinizante para ajuste do pH de coagulação e aumento do pH de água tratada

Ácido fluossilícico – fluoretante
 Hipoclorito de Cálcio –desinfetante
 Período chuvoso:
 Idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior
 Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:
 Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:
 Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?
 Ribeirão Águas Claras 70%---Ribeirão Água Limpa 30%

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Sulfato Ferroso Clorado		Soda Caustica		Ác. fluossilícico		Hipoclorito de Calcio	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,025	0,029	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002
**Preço (R\$/m ³)	0,011	0,013	0,007	0,008	0,001	0,001	0,012	0,012
Volume Tratado por dia (m ³)	602,3	606,3	603,3	606,3	603,3	606,3	603,3	606,3

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, PH e Cor,tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA,como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Alta turbidez e cor no período chuvoso, turbidez e cor menor no período seco.
Variação do pH, com tendência a diminuir no período chuvoso.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM

19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A preservação do manancial evita a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com consequente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos

20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

SPAM

21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito, prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.

22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

COLETA DE DADOS DAS CAPTAÇÕES SELECIONADAS

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA ITATIAIUÇU
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Abastece toda cidade de itatiaiuçu.
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização;
 - b. Qualidade;
 - c. Quantidade;
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhorar;
 - b. Piorar;
 - c. Estabilidade.
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto?
Conforme medições feitas , percebe-se estabilidade do mesmo.
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição;
 - c. Estabilidade.
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto?
Não há grande variação de vazão.
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial?
Tratamento convencional.

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento? (tabela)

Período seco: Sulfato Ferroso Clorado, hipoclorito de cálcio, ácido Fluossilícico ,cal hidratada, ortopolifosfato.

Período chuvoso: idem ao anterior.

10- Para que servem?

Sulfato ferroso é o coagulante, Hipoclorito de cálcio para cloração, ácido fluossilícico para fluoretação, cal hidratada para correção ph , ortopolifosfato para estabilização nas redes de água

Período seco:

Período chuvoso:

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco: referencia 07/2014 para 46075 m³

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia? (tabela)

Período seco: 1200m³

Período chuvoso:1100m³

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

100%

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos?

Existe um pluviômetro, localizado na ETA de Itatiaiuçu, aproximadamente 4km da captação. Recebemos os dados pluviométricos e os encaminhamos para a DVHD (Heloisa), por favor, maiores informações contactar a DVHD telefone 3250-2216 ou e-mail dvhd@copasa.com.br

Tabela - 1

Produtos Químicos							
Período Seco	Sulfato 879,2 kg	Acido 186,8	Cal 130,7	Hipoclorito 83,5	Ortopolifos fato 92,8		
Período Chuvoso							
*Quantidade por volume	879,2kg/4607 5m3	186,8/4607 5m3	130,7/4607 5m3	83,5kg/4607 5m3	92,8kg/4607 75		
**Preço	0,44	0,34	0,44	5,98	8,47		
Volume Tratado por dia	1200m3	1200m3	1200m3	1200m3	1200m3		

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, PH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Mantém estável, com algumas alterações por motivo de interferências próxima ao leito do Ribeirão.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?
Sim, a divisão do RIO MANSO, é responsável por esses projetos.

18- Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação?

A Copasa possui uma unidade de conservação que dá apoio em algumas ações, esta área é a SPAM SUPERINTENDÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS.

19- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial?

Esta área é muito importante neste sistema de apoio através de programas de conservação e treinamento de preservação ambiental.

20- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas?

É preciso uma atenção maior, no que tange a segurança do manancial, promovendo o deslocamento deste manancial acima da rodovia, diminuindo ou acabando com um ponto crítico.

21- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

Sim.

22- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual?

Substituição do manancial não, mas existe a possibilidade de mudar o ponto de captação (acima da rodovia)

23- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Coleta de Dados das Captações Seleccionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Morro Redondo – Captação de Fechos, Mutuca, Cercadinho e Capão Xavier.
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico, pois abastece 5 % da Região Sul de BH e área limítrofe ao município de Nova Lima.
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade (X);
 - c. Quantidade;
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhorar;
 - b. Piora; (x)
 - c. Estabilidade.
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia, áreas de ocupação humana no entorno das áreas de proteção ambiental (causando lançamento clandestino de esgotos domésticos, lixo urbano, etc), presença da BR-040 (bota fora clandestino as margens da rodovia, risco de contaminação das águas por óleos e graxas, etc), incêndios nas áreas de preservação, degradação destas áreas por bota fora clandestinos, entre outros.
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição; (x)
 - c. Estabilidade.
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia, ocupação urbana, longos períodos de estiagem, etc
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Convencional

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Sulfato de alumínio – coagulante

Cal hidratada – alcalinizante para ajuste do pH de coagulação e aumento do pH de água tratada

Ácido fluossilícico – fluoretante

Cloro gasoso – oxidante e desinfetante

Período chuvoso:

Sulfato de alumínio ou Policloreto de Alumínio – coagulante

Demais idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior

Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

Fechos: 50%

Mutuca: 25%

Cercadinho: 9%

Capão Xavier: 16%

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Sulfato de alumínio		Policloreto de alumínio		Cal hidratada		Ác. fluossilícico		Cloro gasoso	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,023	0,026	0,001	0,005	0,013	0,014	0,004	0,004	0,003	0,003
**Preço (R\$/m ³)	0,009	0,012	0,001	0,005	0,004	0,014	0,002	0,002	0,009	0,010
Volume Tratado por dia (m ³)	45.900	39.530	45.900	39.530	45.900	39.530	45.900	39.530	45.900	39.530

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, pH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Alta turbidez e cor no período chuvoso, turbidez e cor menor no período seco.

Variação do pH, com tendência a diminuir no período chuvoso.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

- 18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM
- 19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A preservação do manancial evita a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com conseqüente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos
- 20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições? SPAM
- 21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito, prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.
- 22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Coleta de Dados das Captações Selecionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Rio das Velhas – Captação Rio das Velhas
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico, pois abastece 42 % da RMBH
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade;
 - c. Quantidade; (x)
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhora;
 - b. Piora; (x)
 - c. Estabilidade.
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia e ocupação urbana
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição; (x)
 - c. Estabilidade.
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia e ocupação urbana
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Convencional

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Cloreto férrico – coagulante

Cal hidratada – alcalinizante para ajuste do pH de coagulação e aumento do pH de água tratada

Ácido fluossilícico – fluoretante

Cloro gasoso – oxidante e desinfetante

Período chuvoso:

Idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior

Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

Captação única

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Cloreto férrico		Cal hidratada		Ác. fluossilícico		Cloro gasoso	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,044	0,057	0,028	0,022	0,004	0,004	0,030	0,033
**Preço (R\$/m ³)	0,020	0,025	0,009	0,012	0,002	0,002	0,050	0,057
Volume Tratado por dia (m ³)	506.402	524.041	506.402	524.041	506.402	524.041	506.402	524.041

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, PH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela

COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Alta turbidez e cor no período chuvoso, turbidez e cor menor no período seco.

Variação do pH, com tendência a diminuir no período chuvoso.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM

19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A preservação do manancial evita a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com consequente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos

20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

SPAM

21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito, prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.

22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Coleta de Dados das Captações Selecionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Rio Manso – Barragem do Rio Manso
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico, pois abastece 30 % da RMBH
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade; (x)
 - c. Quantidade; (x)
 - d. Expectativa de longevidade; (x)
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhora;
 - b. Piora; (x)
 - c. Estabilidade.
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia.
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição;
 - c. Estabilidade. (x)
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto? Preservação da área feita pela Copasa
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Convencional

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Sulfato de alumínio – coagulante

Cal virgem – alcalinizante para ajuste do pH de coagulação e aumento do pH de água tratada

Ácido fluossilícico – fluoretante

Cloro gasoso – oxidante e desinfetante

Período chuvoso:

Idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior

Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

Captação única

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Sulfato alumínio		Cal virgem		Ác. fluossilícico		Cloro gasoso	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,028	0,047	0,01	0,013	0,004	0,004	0,0021	0,0022
**Preço (R\$/m ³)	0,010	0,017	0,004	0,0058	0,0023	0,0021	0,0096	0,0096
Volume Tratado por dia (m ³)	343.107	352.524	343.107	352.524	343.107	352.524	343.107	352.524

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, pH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Média turbidez e cor no período chuvoso, turbidez e cor menor no período seco.

Pequena variação do pH, com tendência a diminuir no período chuvoso.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM

19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A preservação do manancial evita a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com consequente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos

20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

SPAM

21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito, prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.

22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Coleta de Dados das Captações Selecionadas

- 1- Nome da Estação de Tratamento e da(s) captação(ões).
ETA Serra Azul – Barragem Serra Azul
- 2- Qual a importância deste manancial para a COPASA? Por quê?
Manancial estratégico, pois abastece 14 % da RMBH
- 3- Qual o grande diferencial deste manancial? (Pode marcar mais de uma)
 - a. Localização; (x)
 - b. Qualidade; (x)
 - c. Quantidade; (x)
 - d. Expectativa de longevidade;
 - e. Outra. Qual?
- 4- No que se refere à qualidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Melhora;
 - b. Piora; (x)
 - c. Estabilidade.
- 5- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia.
- 6- No que se refere à quantidade, o que se tem observado nos últimos 5 anos na captação?
 - a. Aumento;
 - b. Diminuição; (x)
 - c. Estabilidade.
- 7- Em sua opinião qual o motivo para isto? Atividade mineradora na bacia, não obstante a preservação da área feita pela Copasa. Ocupação urbana também contribui.
- 8- Qual o tipo de tratamento de água utilizado neste manancial? Filtração direta

* Considerando dois períodos distintos, sendo eles: Período seco – de Abril a Setembro e Período chuvoso – Outubro a Março, responda as perguntas de 8 a 14.

- 9- Quais produtos químicos utilizados no tratamento?(tabela)

Período seco:

Sulfato de alumínio – coagulante

Cal hidratada – alcalinizante para ajuste do pH de água tratada

Ácido fluossilícico – fluoretante

Cloro gasoso – oxidante e desinfetante

Período chuvoso:

Idem período seco

10- Para que servem?

Período seco: Respondido questão anterior

Período chuvoso: Respondido questão anterior

11- Qual a quantidade de cada um utilizada por volume de água tratada? (tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

12- Qual o volume de água tratada por dia?(tabela)

Período seco:

Período chuvoso:

13- Qual a participação percentual de cada captação no volume total tratado?

Captação única

14- Existe um pluviômetro que mede a precipitação na bacia deste ponto? Se existe qual a precipitação média considerando os dois períodos? SPAM

Tabela - 1

Produtos Químicos	Sulfato alumínio		Cal hidratada		Ác. fluossilícico		Cloro gasoso	
	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso	Período Seco	Período Chuvoso
*Quantidade por volume (kg/m ³)	0,0074	0,0094	0,007	0,009	0,004	0,0037	0,0027	0,0029
**Preço (R\$/m ³)	0,0027	0,0035	0,0029	0,0039	0,0021	0,0019	0,0012	0,0013
Volume Tratado por dia (m ³)	204.692	207.271	204.692	207.271	204.692	207.271	204.692	207.271

*Definir se Kg/l ou Ton/m³

**Preço do produto químico dado por quilo ou litro.

15- De acordo com o controle de qualidade, no que se refere aos índices de Turbidez, pH e Cor, tendo como referência a tabela anual destes índices elaborada pela COPASA, como se comporta a água bruta que chega a estação de tratamento? Se possível considerar uma série histórica de 3 anos.

Média turbidez e cor no período chuvoso, turbidez e cor menor no período seco.

Pequena variação do pH, com tendência a diminuir no período chuvoso.

16- Considerando a qualidade da água bruta que chega à estação, ela poderia ser classificada em que classe? Especial, 1,2 ou 3? Por qual normativa?

SPAM

17- Existe algum projeto de iniciativa da COPASA para melhoria das bacias de contribuição deste manancial com a consequente melhoria da água bruta captada?

SPAM

Esta captação é protegida por alguma unidade de conservação? SPAM

18- Qual a importância dessa unidade na proteção deste manancial? Comente. SPAM

19- Seria importante para a COPASA que as condições desse manancial e as características de sua água fossem mantidas ou melhoradas? Certamente. A Copasa mantém a preservação do manancial, procurando evitar a diminuição da quantidade e da qualidade de água, com consequente garantia de abastecimento e economia no consumo de produtos químicos

20- A COPASA investe ou estaria disposta a investir para garantir tais condições?

SPAM

21- Existe alternativa de substituição para este manancial? Qual? O planejamento de substituição do manancial é feito prevendo as condições futuras, mas os mananciais alternativos se situam em distâncias cada vez maiores.

22- Fique a vontade para fazer outros comentários que julgar pertinentes referentes a este assunto.

Anexo 2 – Tabela de Precipitação

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total										
01/01/1945	462,8	01/01/1947	302,7	01/01/1949	746,5	01/01/1951	372,1	01/01/1953	135,8	01/01/1955	461,1
01/02/1945	152,2	01/02/1947	253,8	01/02/1949	504,1	01/02/1951	330,1	01/02/1953	290,8	01/02/1955	153,8
01/03/1945	336,7	01/03/1947	333,2	01/03/1949	86,7	01/03/1951	301,7	01/03/1953	280,1	01/03/1955	123,6
01/04/1945	196,3	01/04/1947	11,7	01/04/1949	113,3	01/04/1951	55,5	01/04/1953	120,1	01/04/1955	96,6
01/05/1945	15	01/05/1947	7	01/05/1949	15,9	01/05/1951	0	01/05/1953	19,5	01/05/1955	134,4
01/06/1945	21	01/06/1947	5,1	01/06/1949	18,8	01/06/1951	3,4	01/06/1953	13,5	01/06/1955	0
01/07/1945	0	01/07/1947	10,4	01/07/1949	0	01/07/1951	1,2	01/07/1953	0	01/07/1955	0
01/08/1945	7	01/08/1947	69,3	01/08/1949	0	01/08/1951	0	01/08/1953	2,5	01/08/1955	0
01/09/1945	34,6	01/09/1947	50,3	01/09/1949	1,3	01/09/1951	0	01/09/1953	50,8	01/09/1955	0
01/10/1945	150,8	01/10/1947	119,6	01/10/1949	66,4	01/10/1951	163	01/10/1953	147,8	01/10/1955	141,6
01/11/1945	260,5	01/11/1947	143,2	01/11/1949	207,1	01/11/1951	74	01/11/1953	279,4	01/11/1955	247,4
01/12/1945	435,1	01/12/1947	520,2	01/12/1949	456,6	01/12/1951	180,9	01/12/1953	499	01/12/1955	678
01/01/1946	225,7	01/01/1948	169,5	01/01/1950	359,8	01/01/1952	488,7	01/01/1954	167,8	01/01/1956	72,3
01/02/1946	61,1	01/02/1948	379	01/02/1950	193	01/02/1952	369,2	01/02/1954	275,1	01/02/1956	155
01/03/1946	274,9	01/03/1948	239,3	01/03/1950	214	01/03/1952	416,5	01/03/1954	298,1	01/03/1956	233,4
01/04/1946	121,6	01/04/1948	5,9	01/04/1950	66,8	01/04/1952	83,2	01/04/1954	14,1	01/04/1956	28,6
01/05/1946	21,7	01/05/1948	9,2	01/05/1950	0	01/05/1952	1,6	01/05/1954	64,3	01/05/1956	91,3
01/06/1946	11,5	01/06/1948	63,4	01/06/1950	50,2	01/06/1952	23,8	01/06/1954	0	01/06/1956	77,4
01/07/1946	11,4	01/07/1948	1,3	01/07/1950	0	01/07/1952	0	01/07/1954	0	01/07/1956	22,5
01/08/1946	0	01/08/1948	0	01/08/1950	0	01/08/1952	5,9	01/08/1954	0	01/08/1956	5,9
01/09/1946	74,5	01/09/1948	12,1	01/09/1950	37,4	01/09/1952	42,2	01/09/1954	0	01/09/1956	68,9
01/10/1946	80,9	01/10/1948	102,3	01/10/1950	76,3	01/10/1952	114,9	01/10/1954	112,6	01/10/1956	66,1
01/11/1946	402,5	01/11/1948	425,1	01/11/1950	363,3	01/11/1952	226,6	01/11/1954	175,5	01/11/1956	143,6
01/12/1946	140,1	01/12/1948	615,6	01/12/1950	222,6	01/12/1952	293,6	01/12/1954	342,8	01/12/1956	602

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total										
01/01/1957	227,2	01/01/1959	307,8	01/01/1961	785,2	01/01/1963	59,4	01/01/1965	347,9	01/01/1968	169,4
01/02/1957	337	01/02/1959	81,8	01/02/1961	402,4	01/02/1963	251,2	01/02/1965	445,4	01/02/1968	329,4
01/03/1957	181,1	01/03/1959	197,5	01/03/1961	196,6	01/03/1963	121,4	01/03/1965	347,4	01/03/1968	90,2
01/04/1957	130,9	01/04/1959	0	01/04/1961	119,8	01/04/1963	2,2	01/04/1965	58,6	01/04/1968	84
01/05/1957	107,7	01/05/1959	0	01/05/1961	12,2	01/05/1963	15,9	01/05/1965	53,2	01/05/1968	40,2
01/06/1957	16	01/06/1959	0	01/06/1961	10,8	01/06/1963	14,1	01/06/1965	9,6	01/06/1968	0
01/07/1957	0	01/07/1959	0	01/07/1961	4,2	01/07/1963	0	01/07/1965	8,8	01/07/1968	0
01/08/1957	3,1	01/08/1959	8	01/08/1961	0,4	01/08/1963	0	01/08/1965	46,8	01/08/1968	19,6
01/09/1957	170,4	01/09/1959	37,5	01/09/1961	0	01/09/1963	0	01/09/1965	53,2	01/09/1968	47
01/10/1957	12	01/10/1959	258,3	01/10/1961	34,2	01/10/1963	72	01/10/1965	309,2	01/10/1968	153,8
01/11/1957	392,2	01/11/1959	251,3	01/11/1961	282,4	01/11/1963	135,4	01/11/1965	234,1	01/11/1968	174,4
01/12/1957	415,6	01/12/1959	250,4	01/12/1961	220	01/12/1963	101,6	01/12/1965	269,8	01/12/1968	358,8
01/01/1958	276,5	01/01/1960	424,6	01/01/1962	556	01/01/1964	620	01/01/1967	287,4	01/01/1969	277,7
01/02/1958	223,9	01/02/1960	281,3	01/02/1962	231	01/02/1964	327	01/02/1967	211,2	01/02/1969	81,2
01/03/1958	112,8	01/03/1960	250,5	01/03/1962	53,6	01/03/1964	87,4	01/03/1967	126,2	01/03/1969	129,4
01/04/1958	154	01/04/1960	10,6	01/04/1962	40,6	01/04/1964	67,8	01/04/1967	24,6	01/04/1969	69,6
01/05/1958	51,6	01/05/1960	46,2	01/05/1962	18,2	01/05/1964	27,6	01/05/1967	0	01/05/1969	52,6
01/06/1958	0	01/06/1960	21,2	01/06/1962	38	01/06/1964	16,2	01/06/1967	0	01/06/1969	57,1
01/07/1958	69,2	01/07/1960	9,7	01/07/1962	2,2	01/07/1964	72	01/07/1967	0	01/07/1969	6
01/08/1958	4,6	01/08/1960	0	01/08/1962	10,2	01/08/1964	3	01/08/1967	0	01/08/1969	15
01/09/1958	80,6	01/09/1960	39,7	01/09/1962	84,4	01/09/1964	2,6	01/09/1967	17,4	01/09/1969	39,5
01/10/1958	294,3	01/10/1960	63,5	01/10/1962	189,6	01/10/1964	244,4	01/10/1967	73,8	01/10/1969	232,9
01/11/1958	208,3	01/11/1960	206,3	01/11/1962	244,4	01/11/1964	352,2	01/11/1967	298	01/11/1969	238,2
01/12/1958	230,3	01/12/1960	654,2	01/12/1962	613,1	01/12/1964	483,6	01/12/1967	385,8	01/12/1969	314,1

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total										
01/01/1970	346,9	01/01/1972	133,4	01/01/1974	348,8	01/01/1976	61,5	01/01/1978	464,1	01/01/1980	613,4
01/02/1970	120,9	01/02/1972	154,1	01/02/1974	67,8	01/02/1976	192,8	01/02/1978	307,2	01/02/1980	56,9
01/03/1970	62,4	01/03/1972	215,1	01/03/1974	287,2	01/03/1976	226	01/03/1978	133,9	01/03/1980	45,6
01/04/1970	126,7	01/04/1972	67	01/04/1974	84,8	01/04/1976	3,3	01/04/1978	93,8	01/04/1980	190,8
01/05/1970	12,3	01/05/1972	13,8	01/05/1974	37,4	01/05/1976	28,9	01/05/1978	79,4	01/05/1980	3,3
01/06/1970	30	01/06/1972	0	01/06/1974	17	01/06/1976	2,3	01/06/1978	3,5	01/06/1980	63,4
01/07/1970	130,9	01/07/1972	62,6	01/07/1974	0	01/07/1976	62,4	01/07/1978	78,7	01/07/1980	0
01/08/1970	35,2	01/08/1972	8,4	01/08/1974	3,4	01/08/1976	24,8	01/08/1978	0,1	01/08/1980	3,1
01/09/1970	70,2	01/09/1972	33,2	01/09/1974	0	01/09/1976	194	01/09/1978	31,3	01/09/1980	23,8
01/10/1970	311,2	01/10/1972	173,8	01/10/1974	144,4	01/10/1976	200,1	01/10/1978	173,1	01/10/1980	92,5
01/11/1970	225,5	01/11/1972	374	01/11/1974	106,2	01/11/1976	277,1	01/11/1978	301	01/11/1980	229,3
01/12/1970	144,6	01/12/1972	383,8	01/12/1974	405	01/12/1976	384,2	01/12/1978	206,9	01/12/1980	509,3
01/01/1971	87,4	01/01/1973	236	01/01/1975	213,3	01/01/1977	569,4	01/01/1979	508,9	01/01/1981	425,8
01/02/1971	66,4	01/02/1973	292,4	01/02/1975	228,5	01/02/1977	45,9	01/02/1979	451,4	01/02/1981	131,1
01/03/1971	107,7	01/03/1973	316,6	01/03/1975	100,9	01/03/1977	152,2	01/03/1979	166,1	01/03/1981	118,3
01/04/1971	165,1	01/04/1973	65,6	01/04/1975	86,5	01/04/1977	57,2	01/04/1979	41,9	01/04/1981	55,2
01/05/1971	12,8	01/05/1973	45,6	01/05/1975	65,6	01/05/1977	35,4	01/05/1979	100,3	01/05/1981	21
01/06/1971	91,9	01/06/1973	26,2	01/06/1975	9	01/06/1977	9,8	01/06/1979	0	01/06/1981	40,3
01/07/1971	0	01/07/1973	0	01/07/1975	48,1	01/07/1977	10,6	01/07/1979	31,4	01/07/1981	0
01/08/1971	0	01/08/1973	1,6	01/08/1975	0	01/08/1977	12	01/08/1979	55,9	01/08/1981	20,5
01/09/1971	68	01/09/1973	51	01/09/1975	9,6	01/09/1977	71,3	01/09/1979	121,2	01/09/1981	1,8
01/10/1971	202	01/10/1973	147,2	01/10/1975	146,5	01/10/1977	116,9	01/10/1979	90,4	01/10/1981	166,3
01/11/1971	470,3	01/11/1973	334,4	01/11/1975	433,9	01/11/1977	258,5	01/11/1979	373,7	01/11/1981	518
01/12/1971	454,6	01/12/1973	425,4	01/12/1975	156,9	01/12/1977	185,1	01/12/1979	480,7	01/12/1981	361,1

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total										
01/01/1982	344,3	01/01/1984	79,1	01/01/1986	319,8	01/01/1988	221,6	01/01/1990	164,8	01/01/1992	548,9
01/02/1982	77,1	01/02/1984	59,6	01/02/1986	207	01/02/1988	327,3	01/02/1990	310	01/02/1992	130,8
01/03/1982	250,9	01/03/1984	78,1	01/03/1986	102,3	01/03/1988	138,7	01/03/1990	240,4	01/03/1992	61,2
01/04/1982	65,1	01/04/1984	113,5	01/04/1986	52,5	01/04/1988	92,9	01/04/1990	53,8	01/04/1992	70,2
01/05/1982	36,8	01/05/1984	10,2	01/05/1986	63,5	01/05/1988	43	01/05/1990	50,8	01/05/1992	36,1
01/06/1982	21,7	01/06/1984	0,7	01/06/1986	20,8	01/06/1988	4,7	01/06/1990	0,2	01/06/1992	11,3
01/07/1982	10,7	01/07/1984	0,9	01/07/1986	33,1	01/07/1988	0	01/07/1990	19,8	01/07/1992	0,3
01/08/1982	0,4	01/08/1984	61,1	01/08/1986	44	01/08/1988	0	01/08/1990	57,1	01/08/1992	8,8
01/09/1982	16,8	01/09/1984	99,8	01/09/1986	8,9	01/09/1988	61,7	01/09/1990	31,7	01/09/1992	138,2
01/10/1982	177,8	01/10/1984	155,3	01/10/1986	15,4	01/10/1988	123,9	01/10/1990	89,4	01/10/1992	126,5
01/11/1982	151,2	01/11/1984	192,1	01/11/1986	146,2	01/11/1988	117	01/11/1990	218,2	01/11/1992	233,3
01/12/1982	397	01/12/1984	477,5	01/12/1986	386	01/12/1988	263	01/12/1990	291,2	01/12/1992	483,2
01/01/1983	638,3	01/01/1985	668,8	01/01/1987	199,7	01/01/1989	161,3	01/01/1991	827,3	01/01/1993	281,3
01/02/1983	357,8	01/02/1985	207,1	01/02/1987	210,5	01/02/1989	309,3	01/02/1991	210,3	01/02/1993	234,7
01/03/1983	285,5	01/03/1985	550,9	01/03/1987	295,2	01/03/1989	202,6	01/03/1991	211,9	01/03/1993	84,7
01/04/1983	133,4	01/04/1985	55,1	01/04/1987	98,7	01/04/1989	21,3	01/04/1991	80,6	01/04/1993	138,5
01/05/1983	67,1	01/05/1985	41,1	01/05/1987	40,2	01/05/1989	17,3	01/05/1991	22	01/05/1993	22,4
01/06/1983	18,3	01/06/1985	4,7	01/06/1987	42,3	01/06/1989	84,2	01/06/1991	0	01/06/1993	28
01/07/1983	31	01/07/1985	0,5	01/07/1987	7,5	01/07/1989	31,4	01/07/1991	4,7	01/07/1993	0,2
01/08/1983	0,5	01/08/1985	3,7	01/08/1987	4,3	01/08/1989	39,8	01/08/1991	0	01/08/1993	16,6
01/09/1983	87,2	01/09/1985	42,6	01/09/1987	88	01/09/1989	63,1	01/09/1991	65,1	01/09/1993	86,6
01/10/1983	176,7	01/10/1985	67,9	01/10/1987	94,7	01/10/1989	204,3	01/10/1991	107,9	01/10/1993	85,8
01/11/1983	297,2	01/11/1985	168,5	01/11/1987	199,9	01/11/1989	296,3	01/11/1991	228,3	01/11/1993	124,6
01/12/1983	420,8	01/12/1985	322,9	01/12/1987	573,9	01/12/1989	435,2	01/12/1991	269,9	01/12/1993	376,1

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total										
01/01/1994	514,1	01/01/1996	247,6	01/01/1998	301,7	01/01/2000	442,2	01/01/2002	332	01/01/2004	476,9
01/02/1994	94,6	01/02/1996	151,2	01/02/1998	265,9	01/02/2000	158,1	01/02/2002	395,6	01/02/2004	387
01/03/1994	375,6	01/03/1996	146	01/03/1998	88,6	01/03/2000	243,2	01/03/2002	90,8	01/03/2004	151,5
01/04/1994	61,7	01/04/1996	55,1	01/04/1998	21,9	01/04/2000	56,9	01/04/2002	14	01/04/2004	106,7
01/05/1994	45,6	01/05/1996	41,7	01/05/1998	106	01/05/2000	14,3	01/05/2002	12,2	01/05/2004	33
01/06/1994	10,6	01/06/1996	2,7	01/06/1998	1,1	01/06/2000	3,4	01/06/2002	0	01/06/2004	64,3
01/07/1994	0,2	01/07/1996	0,9	01/07/1998	0,6	01/07/2000	8,9	01/07/2002	7,5	01/07/2004	32
01/08/1994	0	01/08/1996	26,9	01/08/1998	58,4	01/08/2000	20,4	01/08/2002	2,3	01/08/2004	0,1
01/09/1994	3,1	01/09/1996	88,3	01/09/1998	30,3	01/09/2000	60,1	01/09/2002	116,2	01/09/2004	0,5
01/10/1994	93,4	01/10/1996	87,4	01/10/1998	201,1	01/10/2000	37,4	01/10/2002	46,4	01/10/2004	82
01/11/1994	194,2	01/11/1996	554,5	01/11/1998	263,6	01/11/2000	257,9	01/11/2002	218,3	01/11/2004	136,6
01/12/1994	434,3	01/12/1996	373,2	01/12/1998	200	01/12/2000	288,9	01/12/2002	425,5	01/12/2004	484,2
01/01/1995	172,9	01/01/1997	609	01/01/1999	348,5	01/01/2001	260,6	01/01/2003	846,6	01/01/2005	225,1
01/02/1995	395,2	01/02/1997	98,4	01/02/1999	141,5	01/02/2001	103,1	01/02/2003	117,3	01/02/2005	225,1
01/03/1995	303,1	01/03/1997	325,6	01/03/1999	332,5	01/03/2001	114,9	01/03/2003	186,9	01/03/2005	328,9
01/04/1995	72,9	01/04/1997	113,2	01/04/1999	37,4	01/04/2001	11,7	01/04/2003	41,9	01/04/2005	79
01/05/1995	1,7	01/05/1997	39,3	01/05/1999	13,9	01/05/2001	33,4	01/05/2003	23,9	01/05/2005	41,3
01/06/1995	7,3	01/06/1997	34,1	01/06/1999	2,5	01/06/2001	0	01/06/2003	0,5	01/06/2005	17,2
01/07/1995	0	01/07/1997	0,7	01/07/1999	1,1	01/07/2001	0,4	01/07/2003	1,1	01/07/2005	7,3
01/08/1995	0	01/08/1997	6,6	01/08/1999	0	01/08/2001	37,3	01/08/2003	17,9	01/08/2005	10,4
01/09/1995	29,4	01/09/1997	69,4	01/09/1999	49,3	01/09/2001	57,2	01/09/2003	7,9	01/09/2005	127,1
01/10/1995	295,8	01/10/1997	94,7	01/10/1999	76,2	01/10/2001	132,7	01/10/2003	26	01/10/2005	37,4
01/11/1995	158,2	01/11/1997	212	01/11/1999	314,9	01/11/2001	345,6	01/11/2003	276,8	01/11/2005	360
01/12/1995	679,7	01/12/1997	286,8	01/12/1999	273,4	01/12/2001	459,8	01/12/2003	278,9	01/12/2005	286,7

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.

Tabela 12 – Precipitação Mensal na Estação Meteorológica de IBIRITE – 2044012

Data	Precipitação Total	Data	Precipitação Total	Data	Precipitação Total						
01/01/2006	223,5	01/01/2008	429,3	01/01/2010	247,7	01/01/2012	453,5				
01/02/2006	177,4	01/02/2008	274,3	01/02/2010	147,9	01/02/2012	130,8				
01/03/2006	259,6	01/03/2008	303,4	01/03/2010	280,1	01/03/2012	174,4				
01/04/2006	37	01/04/2008	180,7	01/04/2010	117,6	01/04/2012	110,2				
01/05/2006	47,6	01/05/2008	0,1	01/05/2010	21,8	01/05/2012	55				
01/06/2006	18,8	01/06/2008	9,1	01/06/2010	1,5	01/06/2012	39,6				
01/07/2006	13,2	01/07/2008	0	01/07/2010	0	01/07/2012	0,5				
01/08/2006	5,7	01/08/2008	35,5	01/08/2010	0	01/08/2012	0,9				
01/09/2006	60,9	01/09/2008	99,3	01/09/2010	41,9	01/09/2012	61,1				
01/10/2006	87	01/10/2008	52,3	01/10/2010	161	01/10/2012	51,7				
01/11/2006	288,4	01/11/2008	254,7	01/11/2010	333	01/11/2012	422,4				
01/12/2006	299,7	01/12/2008	619,2	01/12/2010	342,7	01/12/2012	106,2				
01/01/2007	402,6	01/01/2009	366,2	01/01/2011	464,9	01/01/2013	308,1				
01/02/2007	94,7	01/02/2009	287	01/02/2011	67	01/02/2013	98,6				
01/03/2007	36,8	01/03/2009	195,7	01/03/2011	252,1	01/03/2013	284,8				
01/04/2007	74,7	01/04/2009	32,2	01/04/2011	87,9	01/04/2013	115,3				
01/05/2007	20,9	01/05/2009	46,7	01/05/2011	1,2	01/05/2013	86,1				
01/06/2007	2,6	01/06/2009	42,5	01/06/2011	11,3	01/06/2013	41,4				
01/07/2007	10,8	01/07/2009	1,3	01/07/2011	0	01/07/2013	0,2				
01/08/2007	0	01/08/2009	40,3	01/08/2011	0	01/08/2013	0,6				
01/09/2007	6,2	01/09/2009	139,2	01/09/2011	0,9	01/09/2013	55,8				
01/10/2007	140,5	01/10/2009	351,2	01/10/2011	205,5	01/10/2013	137,1				
01/11/2007	170,3	01/11/2009	126,9	01/11/2011	473,4	01/11/2013	84				
01/12/2007	312,7	01/12/2009	525,7	01/12/2011	557,2	01/12/2013	486,3				

Fonte: ANA (2014), elaborada pelo autor.