

PROCAM
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
AMBIENTAL

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

**Desenvolvimento de mecanismo de pagamento por serviços
ambientais em áreas afetadas por atividade de mineração de
extração de areia**

Versão Revisada

Aluno: Allan Espitalette Popak

Professor Orientador: Joel Barbujianni Sigolo

**DESENVOLVIMENTO DE MECANISMO DE PAGAMENTO POR
SERVIÇOS AMBIENTAIS EM ÁREAS AFETADAS POR
ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE EXTRAÇÃO DE AREIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciência Ambiental (PROCAM) da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Doutor em Ciência Ambiental

Orientador: Prof Dr Joel B. Sigolo

Versão Revisada

SÃO PAULO
Novembro 2015

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FICHA CATALOGRÁFICA

Popak, Allan Espitalette.

Desenvolvimento de mecanismo de pagamento por serviços ambientais em áreas afetadas por atividade de mineração de extração de areia./ Allan Popak, orientador: Joel Barbujani Sigolo.. –São Paulo

155 f.: il.; 30 cm.

Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Ecossistemas- serviços. 2. Extração de areia-aspectos econômicos. I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico essa Tese a minha família, sem esse suporte não seria possível.
Agradeço a Deus todos os dias por tê-los comigo.
Dedico a minha esposa Ellen, pelo apoio e ensinamentos
Agradeço a Deus pela oportunidade de ser pai do Eduardo e Yuri

AGRADECIMENTOS

A FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa Científica do Estado de São Paulo,
pelo apoio financeiro e institucional.

Ao Professor Dr Joel B. Sigolo, pela competência, referencial acadêmico e presteza na
orientação deste trabalho, em especial pelas conversas a caminho do campo.

A equipe do IPT que me honrou com o convite para fazer parte deste grande estudo.

Aos Professores membros da Banca Examinadora que, deixando seus afazeres diários,
aceitaram o nosso convite para participar do evento.

A AMAVALES em nome do Sr Pablo e Ricardo, que foram de grande e fundamental
importância na coleta de dados. Sem essa ajuda tudo teria sido mais difícil.

Aos meus pais Mikola e Zuleica, por me ajudarem nesse objetivo, seja comprando gibis,
seja em nossas conversas.

À minha esposa Ellen por me incentivar e permitir que eu “só” estudasse. Aos meus
filhos Eduardo e Yuri, por me ensinarem mais do que eu os ensino.

Ao meu irmão Adriano e minha mãe Zuleica, que me ajudaram muito nas pesquisas.

Agradeço a Deus por me permitir cumprir com o que foi acordado antes de eu reencarnar.

Finalmente, às demais pessoas que, direta ou indiretamente, ajudaram-me a obter esta
grande vitória.

MEU MUITO OBRIGADO!

**Um pássaro que vive em gaiola,
acredita que voar é uma doença
(autor desconhecido)**

POPAK, Allan Espitalette. **Desenvolvimento de mecanismo de pagamento por serviços ambientais em áreas afetadas por atividade de mineração de extração de areia** 2015. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental– Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

RESUMO

A atividade de extração de areia é de vital importância para a economia do país, pois é matéria prima essencial para diferentes atividades econômicas, sendo a principal a construção civil. As externalidades ocasionadas pela atividade de extração de areia têm causado sérios prejuízos ao meio ambiente e à sociedade. Ações mitigadoras e compensatórias se fazem necessárias para que o desempenho da atividade de extração de areia seja sustentável. E essa externalidade deve ser internalizada, ou seja, deve compor a planilha de custo e despesa da empresa mineradora, assim como deve ser fiscalizada pelo poder público, representando a sociedade. Nesse contexto, essa tese teve como objetivo avaliar os serviços ecossistêmicos afetados pela atividade de mineração, definir um método de valoração, bem como realizar a valoração deste serviço ecossistêmico. E assim, utilizar um modelo de mecanismo de pagamento do serviço ecossistêmico juntamente com um mecanismo de controle e fiscalização. Para a realização desses objetivos procurou-se explicar sucintamente as diferentes correntes econômicas, os métodos de valoração ambiental, e por fim criar um modelo de pagamento, controle e fiscalização. Utilizou-se o método *Check-list*, como forma de identificar e valorar não monetariamente os serviços ecossistêmicos afetados. Com o uso dessa ferramenta foi possível analisar a biodiversidade, neste caso não foi valorado economicamente e sim por grau de importância. Importância essa representada pela grande biodiversidade de fauna e flora, onde é necessário destacar os registros: da onça preta, mão pelada, jacaré do papo amarelo, tiê sangue, etc e grande incidência do palmito jussara, espécie de árvore ameaçada de extinção. Após essa etapa, foi definido que o melhor método de valoração ambiental para esse estudo é o Fator de Produção, onde é avaliado o custo para se manter aquele serviço ecossistêmico em equilíbrio. Sobre o serviço ecossistêmico de sequestro de carbono, foi realizado o cálculo de estimativa de carbono armazenado nas matas ciliares das áreas estudadas chegando no valor de 177,84 tCO₂. Outros serviços ecossistêmicos foram identificados nas áreas de estudo como uso de lazer e econômico (pesca), proteção do solo, regulação do clima, polinização, entre outros, indicando fortemente a importância das áreas para o equilíbrio ecossistêmico da região. Devido ao histórico da região, foram realizadas análises da água e solo para verificar se há contaminação por metais potencialmente tóxicos. Foi verificada a cadeia produtiva da extração da areia e os impactos causados pela não conservação das matas ciliares sendo realizada a valoração econômica do serviço ecossistêmico de extração de areia pelo método supra citado, obtendo o valor de R\$2,15 por m³. E por fim, foi debatido e apresentado um mecanismo de pagamento, controle e fiscalização desse mercado recém criado, onde foi apresentado a necessidade de haver uma instituição séria e competente para realizar esse procedimento.

Palavras-chave: Pagamento por serviços ecossistêmicos, Valoração ambiental; Extração de areia

POPAK, Allan Espitalette. **Development of payment mechanisms for environmental services in areas affected by the extraction of sand mining activity** 2015. Thesis (Doctorate in Environmental Science) - Graduate Program in Science environmental Institute for Energy and Environment at the University of São Paulo.

ABSTRACT

The sand extraction activity is vitally important to the economy, it is essential raw material for different economic activities, the main construction. Externalities caused by sand extraction activity have caused serious damage to the environment and society. Mitigating and compensating actions are necessary for the performance of sand extraction activity is sustainable. And that externalities should be internalized, ie it must comprise the cost sheet and expense of the mining company, and must be supervised by the Government, representing the society. In this context, this thesis was to evaluate the ecosystem services affected by mining activity, define a valuation method as well as perform the valuation of this ecosystem service. And so, using a payment mechanism model of ecosystem service along with a mechanism of control and supervision. To achieve these goals we tried to briefly explain the different economic approaches, methods of environmental valuation, and finally create a model of payment, control and inspection. We used the Checklist method as a way of identifying and valuing ecosystem services not monetarily affected. Using this tool it was possible to analyze the biodiversity in this case was not valued economically, but by degree of importance. Importance that represented the great biodiversity of flora and fauna, where it is necessary to highlight the records: the puma, naked hand, Alligator yellow chat, tiê blood, etc and high incidence of jussara palm, species of endangered tree. After this stage, it was decided that the best method of environmental valuation for this study is the production factor, which is rated the cost to maintain that ecosystem service in balance. On the ecosystem service of carbon sequestration, the carbon was conducted estimation calculation stored in the riparian forests of the studied areas coming amounting to 177.84 tCO₂. Other ecosystem services were identified in the study areas as the use of recreation and economic (fishing), soil protection, climate regulation, pollination, among others, strongly indicating the importance of the areas for the ecosystem balance in the region. Because of the history of the region, water and soil analyzes were performed to check for contamination with potentially toxic metals. The production chain from the extraction of sand and the impacts caused by the non-conservation of riparian forests being conducted economic valuation of ecosystem of sand extraction service by the method mentioned above was found by getting the value of R \$ 2.15 per m³. Finally, it was discussed and presented a payment mechanism, control and supervision of this newly created market, where it was presented the need for a serious and competent institution to perform this procedure.

Keywords: Payment for ecosystem services, environmental valuation; Sand extraction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Função ambiental na economia neoclássica.....	26
Figura 2. Função ambiental na economia ambiental.....	27
Figura 3. Função ambiental na economia ecológica.....	28
Figura 4. Esquema dos serviços ecossistêmicos providos pela mata ciliar.....	50
Figura 5. Esquema dos serviços ecossistêmicos providos pela mata ciliar.....	50
Figura 6. Modelo experimental demonstrando a importância da mata ciliar para evitar o transporte de partículas do solo.....	52
Figura 7. Draga em processo de extração de areia no leito do rio (Porto Pirâmide).....	58
Figura 8. Separação, drenagem e secagem da areia retirada (Porto Pirâmide).....	59
Figura 9. Pátio de estocagem (Porto Pirâmide).....	59
Figura 10. Lagoa de Decantação de finos (Porto Pirâmide).....	60
Figura 11. Lagoa de Decantação de finos (Porto Pirâmide).....	60
Figura 12. Área do Estudo com Unidades Amostrais indicadas.....	72
Figura 13. Rio Ribeira do Iguape trecho próximo ao Porto Santa Eliza.....	75
Figura 14. Draga de retirada de areia no Rio Ribeira do Iguape (Porto Rio do Peixe).....	76
Figura 15. Imagem representativa da mata ciliar estudada (Porto Santa Eliza).....	81
Figura 16. Imagem representativa da mata ciliar estudada (Porto Santa Eliza).....	81
Figura 17. Medição de DAP.....	83
Figura 18. Disco de Secchi.....	87
Figura 19. Amarração da corda com as distâncias marcadas para medição da turbidez a jusante da draga (Porto Seguro).....	88
Figura 20. Medição de turbidez a 100m a jusante da draga (Porto Seguro).....	88
Figura 21. Medição de turbidez no Porto Rio do Peixe.....	89
Figura 22. Coleta de amostra de rejeito de areias de descarte da lavagem (Porto Seguro).....	90
Figura 23. Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim).....	92
Figura 24. Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim).....	92
Figura 25. Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim).....	93
Figura 26. <i>Euterpe edulis</i> (palmito jussara).....	113
Figura 27. <i>Tamandua tetradactyla</i> (Tamanduá mirim).....	99
Figura 28. <i>Puma concolor</i> (onça parda).....	99
Figura 29. Pegada de <i>Agouti paca</i> (paca).....	100
Figura 30. <i>Tinamus solitarius</i> (macuco).....	101
Figura 31. <i>Ramphocelus bresilius</i> (Tiê sangue).....	101
Figura 32. <i>Fluvicola nengenta</i> (maria lavadeira).....	102
Figura 33. <i>Sicalis flaveola</i> (canário da terra).....	102
Figura 34. Pegada de <i>Caiman latirostris</i> (jacaré do papo amarelo).....	118
Figura 35. Medição de turbidez no ponto de retorno da água ao rio a partir do decantador (Porto Seguro).....	106
Figura 36. Viveiro de mudas nativas da AMAVALES (Porto Rio do Peixe).....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Empresas participantes desse estudo e suas localizações	73
Tabela 2. Checklist dos serviços ecossistêmicos em área com mata ciliar e sem atividade de mineração (área base).	78
Tabela 3. Localização das unidades amostrais	83
Tabela 4. Valoração não monetária dos serviços ecossistêmicos relacionadas a atividade de extração de areia.	95
Tabela 5. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas de extração de areia sem mata ciliar conservada.	96
Tabela 6. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas sem extração de areia e sem mata ciliar conservada (pecuária).	96
Tabela 7. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas de bananicultura.	96
Tabela 8. Medidas mitigatórias para recuperação ou conservação dos serviços ecossistêmicos.	97
Tabela 9. Estimativa de CO ₂ por hectare – Mata ciliar na região do Vale do Ribeira	104
Tabela 10. Valores por Tonelada de carbono equivalente.....	105
Tabela 11. Dados de turbidez nos portos selecionados	105
Tabela 12 Dados de turbidez na captação da SABESP para o município de Registro / SP	106
Tabela 13. Resultado da análise química do sedimento (valores expressos em % de óxidos, normalizados a 100%.....	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Categorias das funções ecossistêmicas, exemplos de seus componentes, processos e serviços que podem ser gerados.	24
Quadro 2. Valor Econômico do Recurso Ambiental.....	37
Quadro 3 Tipos de impactos ambientais relacionados com as atividades de extração de areia.	62
Quadro 4. Competências legais dos diferentes órgãos estaduais	63
Quadro 5. Competências legais dos diferentes órgãos públicos.....	64

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AMAVALES	Associação das Mineradoras do Vale do Ribeira
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNC	Capital Natural Crítico
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Naturais
CO₂eq	Dióxido de Carbono Equivalente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FEHIDRO	Fundo Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo
FUNDAGUA	Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPVA	Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores
IQA	Índice de Qualidade Ambiental
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NPK	Nitrogênio – Potássio – Fósforo
OECD	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Plano de Controle Ambiental
PEJ	Parque Estadual Jacupiranga
PETAR	Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira
PL	Plano de Lavra
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PR	Paraná
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PSE	Pagamento por Serviços Ecosistêmicos
RCA	Relatório de Controle Ambiental

RIMA	Relatório de Impacto ao Meio Ambiente
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RPPN	Reserva Particular de Patrimônio Natural
SABESP	Companhia e Saneamento do Estado de São Paulo
SEAQUA	Sistema Estadual de Administração da Qualidade da Água
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SP	São Paulo
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VE	Valor de Existência
VERA	Valor Econômico do Recurso Natural
VNU	Valor de Não Uso
VU	Valor de Uso

SUMÁRIO

1.1	Introdução	16
1.2	Objetivos	19
1.3	Justificativas	20
1.4	Hipóteses	21
CAPÍTULO 2 - BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS		22
2.1	Avaliação Ecológica do Milênio	22
2.2	Serviços ecossistêmicos	22
2.3	Economia do meio ambiente	24
2.4	Conhecendo a Economia Ecológica	28
2.5	Noções básicas de microeconomia	31
2.6	Valoração dos serviços ecossistêmicos	35
2.7	Métodos de Valoração	39
2.7.1	Fator Ambiental.....	39
2.7.2	Análise Benefício Custo.....	40
2.7.3	Custo Defensivo.....	40
2.7.4	Valoração Contingencial.....	40
2.7.5	Custo de Reposição.....	41
2.7.6	Preços Hedônicos.....	41
2.7.7	Custo de Viagem.....	41
2.7.8	Preço Líquido.....	41
2.7.9	Custo de Doenças.....	42
2.7.10	Fator de Produção.....	42
2.8	Pagamento por serviços ecossistêmicos – (PSE) ou Pagamento por serviços ambientais (PSA)	43
2.8.1	Arcabouço legal e institucional no Brasil para mecanismos de PSA.....	46
2.9	Relação floresta-água e seus impactos econômicos	47
2.9.1	Serviços ecossistêmicos relacionados à mata ciliar e a água.....	48
2.9.2	Serviço ecossistêmico de conservação do solo e erosão.....	49
2.10	Areia	52
2.10.1	Definições e características.....	52
2.10.2	Métodos de extração.....	55
2.10.2.1	Manual.....	56
2.10.2.2	Fossa Seca.....	56
2.10.2.3	Área de Várzea.....	56
2.10.2.4	Leito de Cursos d'Água.....	57
2.10.3	Fases de operação na extração de areia no método de extração em leito de rio.....	57
2.11	Legislação ambiental e os impactos ambientais da atividade de extração de areia	61
2.11.1	Aspectos legais da mineração.....	62
2.11.2	Licenças ambientais para extração de areia (Regimes).....	66
2.11.2.1	Autorização.....	66
2.11.2.2	Concessão.....	67
2.11.2.3	Licenciamento.....	67
2.11.2.4	Extração.....	68
2.11.3	Legislação Ambiental atrelada a Mineração de Areia.....	69
2.11.4	Compensações financeiras atreladas a Mineração.....	70
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA		71
3.1	Caracterização da Área de Estudo	71

3.2 Os rios da Bacia do Ribeira.....	74
3.3 Modelo de valoração ambiental econômica proposto	76
3.3.1 Checklist dos serviços ecossistêmicos.....	77
3.3.2 Sequestro de carbono	79
3.3.2.1 Estimativa de biomassa.....	80
3.3.2.2 Estimativas com base em amostragem.....	82
3.3.2.3 Métodos de coleta de dados.....	82
3.3.2.4 Amostragem por Parcelas	82
3.3.2.5 Erro amostral	83
3.3.2.6 Equações de biomassa	84
3.3.3 Valoração da água	85
3.3.3.1 Os indicadores ambientais para gestão do uso da água	85
3.3.3.2 Análise da turbidez da água.....	87
3.3.3.3 Análise química de sedimentos.....	89
3.3.4 Valoração da Areia	90
3.3.5 Mecanismo de controle e fiscalização financeira.....	93
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS.....	95
4.1 Resultados obtidos no uso da planilha de Checklist.....	95
4.3 Sequestro de carbono.....	103
4.4 Qualidade da Água.....	105
4.4.1 – Análise de turbidez da Água.....	105
4.4.2 Análise química de Sedimentos.....	106
4.5 Valoração da Areia	108
4.6 Mecanismo de Controle e Fiscalização financeira	109
4.6.1 Modelo de valoração conceitual aplicado	110
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO	113
5.1 Efetividade da planilha de Checklist de serviços ecossistêmicos	113
5.2 Valoração do serviço de Sequestro de Carbono	114
5.3 Valoração da Água	114
5.4 Valoração da Areia	115
5.5 Mecanismo de fiscalização e controle.....	116
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES	118
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
7.1 Modelo de taxação de produtos e serviços	125
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXO 1 - LISTA DE BIOMASSA POR ARVORES PARA ESTIMATIVA DE CARBONO (SEQUESTRO DE CARBONO).....	144

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

O segmento industrial é um dos maiores usuários dos recursos naturais e por esse motivo, desperta o interesse dos órgãos governamentais e da sociedade de uma forma geral. Nesse contexto, a atividade de mineração de extração de areia como qualquer outra gera impactos que podem ser negativos, entre eles destacam-se: I) erosão, II) alteração do curso natural do corpo d'água e III) impactos sobre a fauna e flora local. Entre os impactos positivos destacam-se: I) criação de empregos, II) desenvolvimento econômico e III) diminuição da proliferação de vetores de doenças.

Nas últimas décadas tem ocorrido uma grande mudança na rotina e nas preocupações das empresas de mineração, em específico de extração de areia. O que era visto apenas como instituições econômicas com responsabilidades referentes a resolver os problemas de produção (o que produzir, como produzir e para quem produzir) tem desempenhado novos papéis como resultado das alterações no ambiente em que operam.

Na economia neoclássica a empresa (de qualquer segmento) é vista como uma instituição apenas econômica, sendo que sua função é a maximização dos lucros e minimização dos custos. Os aspectos sociais e políticos que influenciam o ambiente dos negócios não são considerados variáveis significativas e relevantes na tomada de decisões dos administradores.

Na economia do meio ambiente (ambiental e ecológica) a relação da empresa e seu ambiente é mais complexa, pois ela é vista como uma instituição sócio política. Essa linha de demarcação é vaga e ambígua. Muitos conceitos ambientais, que eram comuns no século passado, foram reformulados e deram origem a novas regulamentações e leis. Hoje, a sociedade tem preocupações ecológicas, de segurança, de proteção e defesa do consumidor, de defesa dos grupos minoritários, de qualidade dos produtos etc., que não existiam de forma tão pronunciada nas últimas décadas. Isso tem pressionado as organizações a incorporar esses valores em seus procedimentos administrativos e operacionais.

De forma geral, as empresas começam a entender que as medidas de proteção ambiental não foram inventadas para impedir o desenvolvimento econômico. Muitos países têm avançado no desenvolvimento de modelos de avaliação de impactos

ambientais e custos/benefícios ambientais na análise dos projetos econômicos, que têm resultado em novas diretrizes, regulamentações e leis na formulação de suas políticas públicas.

Em princípio, qualquer atividade humana causa impactos ambientais. A exploração de recursos naturais como extração de areia tem causado diversos desses danos. Alguns autores pesquisaram esse tema expondo de diversas maneiras, através dos seus trabalhos, a avaliação dos danos oriundos dessa exploração, do que acontece quando não se leva em conta os riscos dos impactos (CUNHA e GUERRA, 1996; MAIMOM, 1992; PEARCE, 1993; LEFF, 1994; MOTTA, 1998; DONAIRE, 1999).

Segundo Cunha e Guerra (2000), o modelo vigente de desenvolvimento é o responsável pela crise ecológica. Há quatro séculos todas as sociedades mundiais são reféns de um mito: o mito do progresso e do crescimento ilimitado.

Cunha e Guerra (2000) consideram que:

“(...) a restauração da Terra como meio ambiente humano não é apenas uma idéia romântica, estética, poética, que só diz respeito a privilegiados: é uma questão de sobrevivência (...) é indispensável mudar os modos de produção e consumo... Não se trata de converter a abominação em beleza, de esconder a miséria, de desodorizar o mau cheiro, de florir as prisões, os bancos, as fábricas; não se trata de purificar a sociedade existente, mas de a substituir (...)”.

Os recursos naturais são de natureza pública, de livre acesso às pessoas e sem preço definido no mercado, em alguns casos, isso faz com que muitas vezes tenham um uso abusivo, inconsciente e descontrolado (MAIA, 2002). Um modo de internalizar os aspectos negativos é criar condições para que os agentes econômicos assumem os custos da degradação, e isto pode ser feito através da precificação dos recursos naturais, imposições ou benefícios fiscais, utilizando um dos métodos de valoração dos recursos naturais, sempre visando a continuação da oferta desse serviço ecossistêmico.

Os recursos naturais geram diversos bens e serviços que são refletidos no bem-estar dos indivíduos (PEARCE, 1993). Amazonas (2004) afirmou que “alguns desses bens e serviços, por serem bens públicos, não se enquadram em mercados privados e, portanto, seus custos e seus benefícios não se expressam em valores de mercado, sendo extremamente difíceis de serem mensurados monetariamente através da teoria econômica

tradicional, gerando as chamadas externalidades”.

Pearce e Turner (1993) afirmam que o aumento na extração e venda de um recurso é maior quando não há um preço positivo para o mesmo, ou seja, a grande demanda pode comprometer a oferta de certo recurso natural ou serviço ecossistêmico, se este for de preço zero ou não inclusão no valor do produto, o que poderá levar a degradação irreversível deste recurso e dos serviços ecossistêmicos associados.

Os serviços ecossistêmicos essenciais ao bem estar humano são originados pelas relações e interações entre os meios físico, químico e biológico. Deste modo, um dos mecanismos de internalização das externalidades (incluir valor ao recurso) é chamado Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). Wunder (2005) define o pagamento por serviços ambientais como uma transação voluntária através da qual um serviço ecológico específico é “adquirido” por um (ou mais) adquirente de um (ou mais) provedor do serviço ecológico se, e somente se, o provedor do serviço ecológico assegurar sua provisão. O autor ainda afirma que o conceito de transação voluntária remete a um acordo não obrigatório por Lei entre as partes, o que se concretiza através de um contrato. De acordo com Wunder (2005) esse pagamento pelos serviços ambientais não é necessariamente a compra de tais serviços, mas sim o financiamento de sua manutenção. Como exemplo, são considerados provedores desses serviços os proprietários de terra que asseguram a sua preservação garantindo a oferta por longo tempo.

Um dos objetivos dos métodos de valoração é estimar os valores econômicos para os recursos naturais, simulando um mercado hipotético para estes bens sem preço definido. Não se trata de transformar um bem ambiental num produto de mercado, mas sim mensurar as preferências dos indivíduos sobre as alterações em seu ambiente (PEARCE, 1993).

Diante dessa mudança de pensamentos surge o seguinte questionamento:

“Qual a disposição a pagar das pessoas, na determinação do valor dos recursos naturais de áreas impactadas pelo setor de extração mineral (no caso desse estudo, a extração de areia)?”

“Os consumidores pagariam um valor maior por um produto ecologicamente correto? E por outro lado, o governo estaria disposto a reduzir os impostos para quem produz com menos ou sem agressão ao meio ambiente?”

Alguns serviços ecossistêmicos são extremamente interligados, assim com o uso indiscriminado de um serviço direto pode acarretar em redução ou perda da qualidade de outros serviços indiretamente. Como é o caso do fornecimento de areia, que é o serviço ecossistêmico objeto deste doutoramento. Este serviço, fornecimento de areia, é afetado pelo uso de outros serviços ecossistêmicos, a quantidade e qualidade de areia extraída dos rios está diretamente ligada a presença da mata ciliar dos rios e atividades econômicas nas margens. Removendo a mata ciliar, ocupando com outra atividade econômica, há uma alteração na quantidade e na qualidade do substrato que é lançado no rio, afetando a extração da areia. Deste modo, o uso incorreto do serviço ecossistêmico “árvore” e “produção de alimento”, ocasionando o desmatamento, afeta o serviço ecossistêmico de fornecimento de areia.

A presente Tese foi organizada da seguinte forma:

Capítulo 1, chamado de “Considerações Iniciais”, introduz o tema ao leitor, bem como apresenta os objetivos da Tese, as justificativas que levaram a escolha desse tema assim como as hipóteses discutidas para os fatores encontrados.

O Capítulo 2 apresenta a conceitualização dos temas abordados, afim de não deixar o leitor com dúvidas sobre os temas abordados

O Capítulo 3 consiste na apresentação das metodologias utilizadas nas diferentes frentes de pesquisa deste Tese.

No Capítulo 4 são apresentadas os resultados obtidos com os experimentos de campo e a análise da problemática desta Tese que fundamentou o interesse na execução do Doutorado.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do autor sobre os resultados obtidos em relação ao cenário estudado.

No Capítulo 6, encontram-se as Considerações Finais, que incluem as lições aprendidas, as conclusões e algumas propostas vislumbradas no decorrer de todo o processo de pesquisa. E finalmente, no Capítulo 7, são apresentadas as Referências Bibliográficas.

1.2 Objetivos

O objetivo desse estudo foi de apresentar um mecanismo de valoração econômica ambiental para o serviço ecossistêmico de produção de areia em leito de rio para portos

localizados no rio Ribeira de Iguape localizados na região do município de Registro e Sete Barras e Eldorado seguindo a Economia Ecológica. Como resultado foi apresentado também um modelo de compensação econômica e ambiental para atividade de mineração de extração de areia para o local de estudo dessa Tese.

Objetivos específicos:

- a. Identificar e avaliar os serviços ecossistêmicos existentes nas áreas de estudo afetados pela atividade de mineração de areia;
- b. Identificar o melhor método de valoração econômica do serviço ecossistêmico de produção de areia;
- c. Valorar financeiramente o serviço ecossistêmico de produção de areia em leito de rio para a região de estudo;
- d. Identificar o melhor modelo de compensação ambiental e econômica seguindo a linha da Economia Ecológica.

1.3 Justificativas

A conservação do meio ambiente não é considerada por muitos países como prioridade, a alegação é que existem problemas de medição e de valoração. Os serviços fornecidos pela natureza são difíceis de serem quantificados. O que não pode ser quantificado, ou é difícil de ser monitorado e avaliado, é facilmente esquecido. Este adágio também se aplica ao conceito de valor. Enquanto valor tem uma variedade de significados, sabe-se que a ausência de um valor econômico para muitos recursos naturais significa que eles não participam do mercado, levando ao seu declínio.

Segundo a OECD (2002), já existe uma abordagem priorizando a conservação ambiental através de uma legislatura e processo político chamada de análise de custo-benefício ou análise multicritérios. Em última instância, qualquer que seja o posicionamento a respeito do valor, existe um consenso a respeito da necessidade absoluta de salvaguardar o máximo de biodiversidade possível, sujeito a alguma consideração do custo para isto.

Há diversas metodologias de valoração de serviços ambientais, mas não há um mecanismo que relacione valor monetário do bem ou serviço com o serviço ecossistêmico prestado para a sua produção ou consumo e que tenha, e que agregue valor

ao produto, e esse adicional seja devolvido em benfeitorias para o meio ambiente, de forma eficaz e de fácil monitoramento. Esse é o propósito desse estudo.

Esse estudo justifica-se pela necessidade de valorar os serviços ecossistêmicos, agregando valor de importância e econômico a esses serviços. Ao mesmo tempo que há a necessidade de apresentar um mecanismo efetivo de investimentos em conservação do meio ambiente, provenientes da valoração dos próprios serviços ecossistêmicos. Por meio de fundos ou aplicação de impostos específicos, por exemplo, o chamado de ICMS Ecológico, e fiscalizado por um órgão organizado, por exemplo o Comitê de Bacias.

1.4 Hipóteses

As hipóteses dessa tese são:

- a) A atividade de extração de areia impacta negativamente o meio ambiente na qualidade e quantidade dos serviços ecossistêmicos ?
- b) Se houver um aumento de custo para conservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos, esse custo deverá ser repassado para o consumidor ?
- c) A presença da mata ciliar está diretamente associada a valoração ambiental econômica da produção de areia?.
- d) Ausência ou redução da mata ciliar, apresenta custo adicional na produção de areia e tratamento da água para consumo ?

CAPÍTULO 2 - BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS

2.1 Avaliação Ecológica do Milênio

O *Millennium Ecosystem Assessment* – *MEA* (Avaliação do Milênio para o Ecossistema) (HASSAN et al, 2005) é um estudo que avaliou a situação das consequências das mudanças dos ecossistemas sobre o bem-estar humano, e estabeleceu as bases científicas das ações necessárias para melhorar a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas e para satisfazer as necessidades humanas dos principais ecossistemas do planeta, envolvendo governos, setor privado, organizações não governamentais e centenas de cientistas de vários países do mundo, entre 2001 e 2005. Este estudo, foi compilado em quatro volumes, abrangendo os seguintes temas: estado atual e tendências dos ecossistemas (volume 1); avaliação de cenários (volume 2); ações políticas (volume 3); e avaliações em multiescala (volume 4). Os relatórios da *MEA* apresentam avaliações sobre 10 regiões globais: marinhas, costeiras, águas interiores, florestas, de sequeiro, ilhas, montanhas, polares, cultivadas e urbanas. Essas regiões não são ecossistemas em si, mas, cada uma contém vários ecossistemas.

De acordo com esse estudo, uma força é qualquer fator que altera um aspecto de um ecossistema. Um fator direto pode ser identificado e sua influência medida. Um fator indireto, porém, opera de modo mais difuso, frequentemente alterando um ou mais fatores diretos. Portanto, fatores diretos e indiretos operam em sinergia. Mudanças na cobertura do solo, por exemplo, como fator indireto, podem aumentar a presença de espécies invasoras. Na escala temporal, mudanças nos ecossistemas podem ter pouco impacto sobre o bem-estar humano ao longo de dias ou semanas (erosão do solo, por exemplo) mas podem ter um impacto acentuado ao longo de anos ou décadas (aumento do custo na produtividade da extração de areia). Da mesma forma, na escala espacial, mudanças locais podem ter pouco impacto em alguns serviços locais (como o impacto local da perda da floresta na disponibilidade de água), mas impacto significativo em grandes áreas (perda da floresta em uma bacia hidrográfica alterando a duração e a magnitude de inundações).

2.2 Serviços ecossistêmicos

Há certa confusão na literatura entre os conceitos de “serviços ambientais” e “serviços ecossistêmicos”. Serviços ecossistêmicos foi definido por Daily (1997) como

sendo os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra, como por exemplo, polinização e formação do solo. Serviços ambientais são mais relacionados com os resultados desses processos, ou ainda quando se desejar atrelar as ações antrópicas associadas à restauração e manutenção dos serviços ecossistêmicos, como por exemplo produção de alimentos.

Na opinião de Heal (2000), a melhor maneira de caracterizar os serviços ambientais seria dizer que são os responsáveis pela infraestrutura necessária para o estabelecimento das sociedades humanas. Este estudo seguirá as definições apresentadas por Daley, (1997) citadas anteriormente.

Os ecossistemas são sistemas que englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos em seus ambientes físicos e químicos, nos quais o homem é parte integral (RICKLEFS, 2003). Este conjunto de recursos bióticos, bem como sua idade e distribuição espacial, juntamente com os recursos abióticos formam a estrutura ecossistêmica, a qual fornece a base para que ocorram os processos e as funções ecológicas (DALY e FARLEY, 2004; TURNER e DAILY, 2008).

O declínio das espécies e a degradação dos ecossistemas estão intrinsecamente ligados ao bem-estar humano e, a menos que tomemos medidas corretivas em caráter de urgência, a “normalização” dos serviços – no sentido de podermos usufruir os benefícios oferecidos pelo meio ambiente – está seriamente ameaçada, e talvez, jamais será alcançada (EUROPEAN COMMUNITIES, 2008).

Os serviços ecossistêmicos associados à quantidade e qualidade da água que é mantida no ecossistema pelo próprio ecossistema, como a proteção do solo contra impacto da chuva, redução da erosão do solo, infiltração, redução dos riscos de cheias, deslizamentos, ou seja, todas variáveis que interferem no ciclo hidrológico são chamados de serviços ecossistêmicos hidrológicos, que são focos desse doutoramento. Neste contexto, os ecossistemas florestais desempenham a função de administração hidrológica, captando, armazenando e disponibilizando-a lenta e gradualmente, em quantidade e qualidade conforme explicado anteriormente.

Para categorizar as funções ecossistêmicas, diversos autores como De Groot (1992), Costanza et al. (1997), De Groot et al. (2000, 2002) e Hackbart (2012),

apresentaram uma relação das principais funções e seus componentes, processos, bens e serviços ecossistêmicos. Estes autores dividiram as funções em quatro grandes categorias: Funções de regulação, de *Habitat*, de Produção e de Informação. O Quadro 1 apresenta uma visão geral das principais funções, os bens e serviços que podem ser atribuídos aos ecossistemas naturais e seus processos e estruturas ecológicas associadas.

Quadro 1 Categorias das funções ecossistêmicas, exemplos de seus componentes, processos e serviços que podem ser gerados.

Categoria	Definição	Exemplos
Suporte	Necessários para a produção de todos os outros serviços dos ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Formação do solo • Ciclos de nutrientes • Produção primária
Abastecimento	Produtos obtidos dos ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos e água • Combustível • Fibras e madeiras • Recursos genéticos
Regulação	Benefícios obtidos pela regulação dos processos dos ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Regulação do clima • Regulação das enfermidades • Regulação da água • Purificação da água
Cultural	Benefícios intangíveis obtidos dos ecossistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Espirituais e religiosos • Recreativos e ecoturísticos • Estéticos • Inspiradores • Educacionais • Herança cultural

Fonte: Hackbart (2012).

2.3 Economia do meio ambiente

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu no início da década de 70, no chamado Clube de Roma (MEADOWS, 1972) em um contexto de controvérsia entre o desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente. O relatório publicado pelo Clube de Roma preconizava o crescimento zero como forma de evitar os desastres naturais que poderiam vir (e vieram). O estudo contrapõe a afirmação que o crescimento econômico é a condição necessária para a eliminação da pobreza no mundo,

principalmente pelo fato que o modelo econômico da época (o mesmo do atual) relativiza os limites ambientais e supervaloriza os avanços tecnológicos. Esse estudo apresenta um limite de crescimento populacional e principalmente na exploração de recursos naturais. Se for mantida (e foi) a mesma forma predatória de exploração de recursos naturais e crescimento populacional, o planeta Terra entrará em colapso. Infelizmente há inúmeros exemplos confirmando os resultados desse estudo, como desmatamentos, redução da biodiversidade e estoque de peixes, entre outros.

O autor dessa Tese entende que existem três grandes correntes econômicas com aceitação na academia e no mercado. A primeira com maior aceitação, que é a chamada Economia Neoclássica ou Tradicional, a segunda com baixa aceitação devido a sua preocupação maior com os recursos naturais do que com os capitais que é a Economia Ecológica e uma terceira intermediária, que tem a pretensão de manter um pé em cada lado dessa disputa. A economia neoclássica é a economia convencional, a que todos conhecem e quase todos defendem e seguem. Nesta corrente ideológica, não são considerados os *input* (*de onde vem os recursos naturais*) e *output* (*para onde vão os resíduos*). Ou seja, não são considerados de onde e como vêm os recursos naturais, assim como não são considerados para onde são destinados e como será essa destinação final. A natureza é vista como fornecedora ilimitada de insumos, do mesmo modo que tem a capacidade de absorver tudo sem grandes malefícios para a sociedade.

O meio ambiente não é visto como parte integrante da economia. Todos os impactos ambientais estão à parte da Economia (Figura 1).

Economia Neoclássica

Não há preocupação ambiental.
Meio Ambiente pertence a Economia.
Fornecedor de insumos.



Figura 1. Função ambiental na economia neoclássica.

Fonte: Popak (2013)

A economia ambiental, também chamada de economia verde, tem algumas preocupações ambientais, principalmente em relação aos insumos e aos resíduos. Os recursos naturais passaram a ser incluídos na função de produção, mas mantendo seu caráter de substituição de recursos naturais, ou seja, se um recurso natural faltar, troca-se por outro. E também que o capital natural pode ser substituído pelo capital humano, desde que mantenha sua função.

Neste caso, superestima-se os avanços tecnológicos. Desta maneira os limites de crescimento podem sempre ser esticados com novos insumos ou novas tecnologias. Esta linha de raciocínio é conhecida como sustentabilidade fraca.

O meio ambiente é visto como parte integrante da economia, a natureza é uma peça dentro da máquina econômica. Há uma preocupação com a quantidade e qualidade dos insumos utilizados como matéria prima, com a possibilidade de uso de materiais reciclados, assim como a necessidade de ter uma destinação adequada aos resíduos, como por exemplo a própria reciclagem ou aterro sanitários (Figura 2).

Economia Ambiental

Há preocupação ambiental.
Substituição dos serviços ecossistêmicos
Novos mercados, produtos e tecnologias

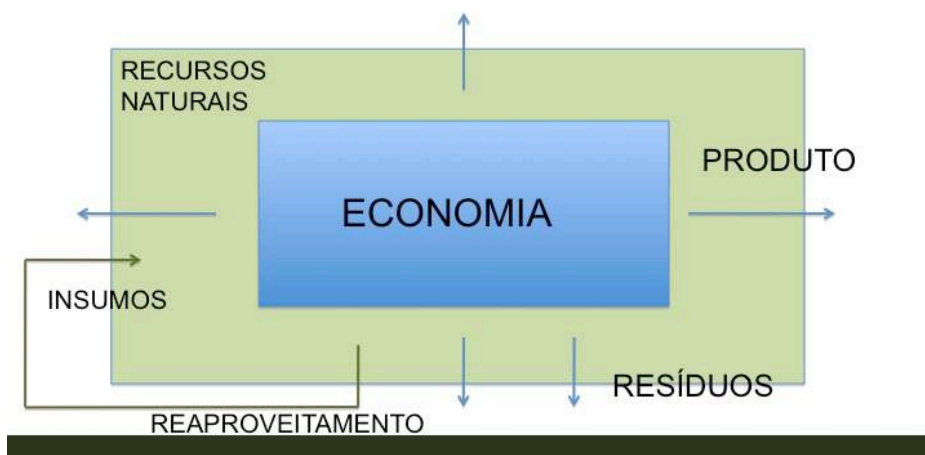


Figura 2. Função ambiental na economia ambiental

Fonte: Popak (2013)

A chamada economia ecológica, enxerga o sistema econômico como um subsistema de um todo maior – a natureza. Desta maneira há claramente uma limitação para o crescimento econômico, a disponibilidade dos recursos naturais. Dessa linha ideológica, a economia faz parte do meio ambiente e não o contrário. Sem a economia, o meio ambiente permanece, mas sem o meio ambiente não tem economia.

O progresso científico e tecnológico é visto como fundamental para aumentar a eficiência na utilização dos recursos naturais. Mas não pode haver a substituição de insumos por outros insumos e muito menos a substituição do capital natural (serviços ecossistêmicos) por capital humano. A chamada sustentabilidade forte (Figura 3).

O limite do crescimento está diretamente ligado a capacidade de estoque e recarga do meio ambiente. A questão central desta linha, é fazer com que a economia funcione dentro dos limites da Terra. A principal ferramenta desta economia está na escala e tempo de alocação dos recursos naturais pelo economia.

O foco principal da economia ecológica em auxiliar à criação dos mercados ambientais, é a determinação dos limites ao crescimento, associada à degradação do

capital natural. A redução na oferta dos serviços ambientais fornecidos ao homem é identificada como capital natural crítico, ou seja, há a necessidade de manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais à vida. A identificação e definição desses limites são possíveis unicamente por meio de determinações técnico-científicas e políticas públicas (MAY et al, 2010) .

Economia Ecológica

A Economia faz parte do Meio Ambiente.

Não substituição dos serviços ecossistêmicos

Toda perda é irreversível

Nada pode ser perdido

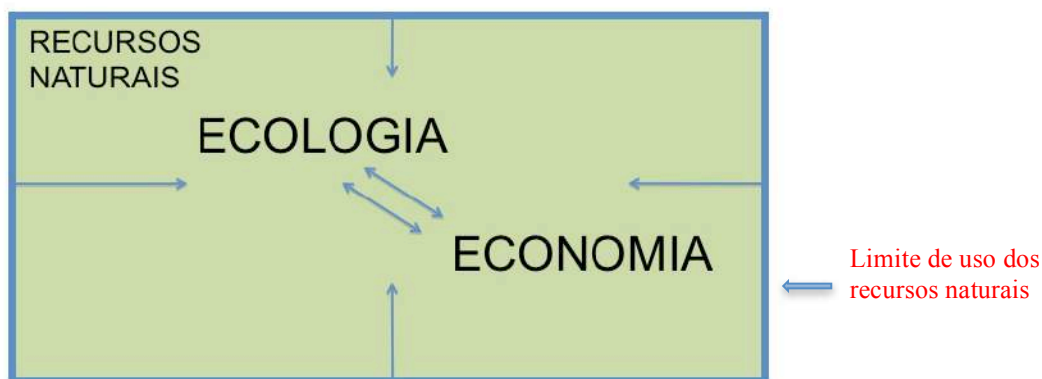


Figura 3. Função ambiental na economia ecológica

Fonte: Popak (2013)

2.4 Conhecendo a Economia Ecológica

Conceitualmente, a Economia Ecológica surge a partir do reconhecimento das Leis da Termodinâmica, em especial da aplicação da Segunda Lei da Termodinâmica - entropia, que em algum momento iria impor limites ao crescimento econômico (GEORGESCUS-ROEGEN, 1971). Segundo esse mesmo autor o fluxo entre produtores e consumidores não são circulares, pois desconsideram os fluxos de energia e materiais através do sistema. Não é circular, porque há um fluxo de mão única, que começa com os recursos (matéria-energia) e termina com os resíduos (matéria-energia); qualitativamente diferentes (DALY, 1991).

Enquanto a economia neoclássica tem na alocação eficiente dos recursos, o seu principal critério econômico, a economia ecológica, apesar de também considerar o seu

uso e disponibilidade importantes, considera-o secundário em relação a outros dois pontos centrais na economia, a escala e a distribuição (DALY, 1992).

A economia ecológica aponta para a sustentabilidade, ou seja, a existência de um estoque de capital natural (recursos naturais) que seja capaz de manter as funções ecossistêmicas, fornecimento de matérias-primas e a capacidade de absorção dos resíduos gerados pelas atividades antrópicas ao longo dos tempos, e qualquer crescimento econômico que atinja e ultrapasse esse ponto de sustentabilidade pode ser considerado ineficiente. Desta maneira, os limites ao crescimento existem, são reais e atingíveis, e não necessariamente superáveis por meio do progresso tecnológico da sociedade. A escala sustentável é aquela que se adapta de forma gradativa às inovações tecnológicas, de modo que a capacidade de suporte não se reduz através do tempo (DALY, 1992). A palavra chave é “gradativa”, pois há a necessidade de utilizar os recursos naturais sempre tendo em vista o seu estoque a curto, médio e longo prazo respeitando e considerando a população presente e futura.

Além da sustentabilidade, a economia ecológica tem por objetivo a equidade distributiva como fator central da economia. A distribuição refere-se à divisão justa dos recursos e seus produtos entre os diferentes atores da sociedade, incluindo as futuras gerações. Uma distribuição justa seria aquela onde os que excederam a escala desejável ou aqueles que vão se beneficiar da restauração das funções ecossistêmicas sejam aqueles que vão pagar por essa atividade e esse pagamento deve prioritariamente ter como foco a manutenção ou restauração dos serviços ecossistêmicos. Pagar pela utilização dos recursos naturais não é a melhor solução, ao contrário, isso incentiva a mercantilização dos serviços ecossistêmicos. O objetivo principal é manter o equilíbrio do ecossistema, para que este continue oferecendo os serviços ecossistêmicos que precisamos.

O ponto mais relevante da economia ecológica à construção de novos mercados ambientais, é a delimitação dos limites ao crescimento, associada à degradação do capital natural. A redução na oferta dos serviços ambientais é derivada do conceito de capital natural crítico, que é o mínimo necessário para a manutenção dos serviços essenciais à vida. A identificação e posterior definição desses limites críticos são frequentemente possíveis unicamente por meio de pesquisas científicas e políticas públicas.

Para estruturar as tomadas de decisões na economia ecológica, Farley e Daly (2003) sugerem que, em primeiro lugar, sejam estabelecidos os limites ecológicos da escala sustentável e que sejam pensadas políticas garantindo que os valores identificados para os limites ecológicos sejam respeitados. Em segundo lugar, que seja realizada uma justa distribuição dos recursos. Somente com essas duas prioridades estabelecidas, instrumentos econômicos baseados em mercados, podem ser utilizadas com eficiência em todos seus mecanismos de alocação de recursos naturais, produtos e serviços. Desta forma, fica nítido que entre o mercado econômico e o meio ambiente, esse último deverá ter sempre a prioridade nessa relação.

Como citado anteriormente, uma das maiores preocupações da Economia Ecológica é o limite de crescimento da sociedade, ou seja, a quantidade máxima de extração dos recursos naturais, que também são chamados de Capital Natural. São cinco as formas principais de capital (REES, 1995; HASSAN et al, 2005): - capital financeiro (dinheiro ou seus substitutos); - capital manufaturado pelo homem (construções, estradas, fábricas, etc); - capital humano (esforços individuais e coletivos; capacidades humanas); - capital social (instituições, relações, redes sociais, tradições culturais e religiosas, etc); - capital natural: pode ser considerado como a metáfora econômica para o estoque dos recursos naturais que gera um fluxo de benefícios. Na economia ecológica ele pode ser dividido nas seguintes categorias: capital natural renovável (espécies vivas e ecossistemas); capital natural não renovável (petróleo, carvão, etc); capital natural reciclável através de sua interação de longo prazo com os organismos vivos (atmosfera, água potável, solos férteis, etc), o capital natural de produção (madeira, peixes, combustíveis fósseis); capital natural de serviços ecossistêmicos (regulação climática, fornecimento de água e outros), e capital natural de absorção dos resíduos (reincorporar os resíduos produzidos pelo ser humano), sendo a provisão dos serviços tão importantes quanto a fonte de matérias primas, mas de valoração bem mais difícil de ser realizada (FARLEY e GADDIS, 2007).

Para os economistas ecológicos, o capital natural é cada vez mais o fator limitante na economia, como foi um dia, no passado, o capital manufaturado pelo homem (COSTANZA e DALY, 1992; DALY e FARLEY, 2004; FARLEY e DALY, 2006). Segundo Hawken, Lovins e Lovins (1999), se os sistemas industriais de hoje, tornaram-se

capazes de criar e acumular capital produzido pelo homem, o capital natural, vai declinar rapidamente. Para estes autores, quanto maior a pressão sobre este capital, mais os limites da prosperidade humana passam a ser determinados pelo capital natural, não mais pela capacidade industrial ou ainda pela capacidade financeira.

A partir desta percepção, cada vez mais o conceito de Capital Natural Crítico (CNC) ganha importância. O CNC pode ser definido como a quantidade e qualidade de capital natural para o qual não existem substitutos adequados (EKINS et al., 2003). A identificação do CNC não é trivial, exatamente por conta da série de pontos de “não retorno” ecológicos e da complexidade das relações ecológicas nos diferentes ecossistemas. Essa definição, considera o estoque de determinado recurso natural, assim como a capacidade de recarga do mesmo, ou seja, em quanto tempo a natureza reestabelece aquele estoque utilizado.

2.5 Noções básicas de microeconomia

Esta tese de doutoramento tem como objetivo valorar um serviço ecossistêmico, e para que aja um melhor entendimento sobre os temas de economia abordados nesse trabalho, segue abaixo uma breve explicação de alguns conceitos de microeconomia:

a) Elasticidade-preço da demanda

A elasticidade mede quanto uma variável do preço do serviço ou produto pode ser afetada por outra. É o valor que informa a variação percentual em uma variável devido a um aumento de um ponto percentual (1%) em outra variável. Define-se como a variação na quantidade demandada, ou seja, interesse dos consumidores em um bem quando ocorre aumento de 1% em seu preço (AZEVEDO, 2010).

Essa elasticidade pode ser expressa da seguinte forma:

$$EP = (\Delta Q/Q) / (\Delta P/P)$$

Onde:

EP é a elasticidade de preço da demanda,

Q é a quantidade demandada e

P o preço do bem.

Essa elasticidade é geralmente negativa em relação ao aumento do preço do serviço ou produto, ou seja, quando o preço de um bem aumenta a quantidade demandada

em geral cai (AZEVEDO, 2010). Recentemente Ribeiro, Lanna e Pereira (1999); Martinez (2002); Martinez e Nauges (2004); Medeiros e Ribeiro (2006) realizaram estudos utilizando elasticidade de preço de demanda por água segundo os seus diversos tipos de uso.

b) Excedente do consumidor

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006) ele representa a satisfação (bem-estar) do consumidor em adquirir determinado produto ou serviço, quando este paga um valor menor do que estaria disposto a pagar, um exemplo dessa satisfação seria os descontos oferecidos pelo mercado.

O excedente do consumidor é utilizado pelos economistas e pelo mercado para avaliar a satisfação do consumidor de determinado bem ou produto, permitindo avaliações de variações de bem-estar ao longo de um tempo determinado (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 1998).

c) Custo marginal de produção

Pindyck e Rubinfeld (2006) definem o custo marginal de produção como: “o aumento de custo ocasionado pela produção de uma unidade adicional de produto”. O custo marginal informa quanto custará aumentar a produção em uma unidade. E ele é expresso da seguinte forma:

$$CMG = \Delta CV / \Delta q = \Delta CT / \Delta q$$

Onde:

CMG é o custo marginal,

CV é o custo variável,

CT é o custo total e q é o nível de produção (unidades de produtos).

De acordo com Silva (2003), a eficiência econômica em um mercado competitivo é obtida quando o preço do produto final se iguala aos custos marginais de produção.

d) Externalidades

Um aspecto importante para a economia ecológica é internalizar as externalidades. Para Pindyck e Rubinfeld (2006), as externalidades podem surgir entre consumidores, entre produtores ou entre consumidores e produtores. As externalidades são positivas quando a ação de uma das partes beneficia a outra e são negativas quando a ação de uma das partes impõe custos à outra. Se a ação de um produtor ou consumidor,

que afeta outros produtores ou consumidores, não está sendo considerado no preço de mercado, diz-se que esta ação está impondo uma externalidade sobre o outro.

Para Contador (2000), as externalidades apresentam duas características essenciais: i) A imprecisão na definição dos direitos de propriedade, principalmente em relação aos bens públicos; ii) o caráter involuntário; o efeito negativo é apenas uma consequência, um subproduto de uma atividade cujos efeitos são incômodos a outros. A falta de controle direto, e o custo nulo sobre as fontes dos efeitos externos dificultam a eliminação total das externalidades.

Internalizar as externalidades significa responsabilizar os causadores do problema. Ao invés de toda a sociedade sofrer as consequências e pagar por elas (financeiramente e em qualidade de vida), que seja pago (financeiramente) quem é responsável pela sua causa. A externalidade não é um custo adicional imaginário, ela existe mas precisa ser aceita pelo mercado e seus atores. A poluição, a falta d'água, o esgoto, as consequências da mudança climática, o câncer são alguns exemplos claros da externalidade. A mensuração da externalidade é uma tentativa de incluir esse custo para a sociedade, e para isso existe a ferramenta da valoração econômica dos serviços ecossistêmicos. Em alguns casos, com a valoração do serviço ecossistêmico ocorre uma “mercantilização” da natureza. A valoração da externalidade diz respeito a medir a importância dessa perda. Porque, se esse custo existe, alguém está pagando, e não é justo alguém pagar por esse custo mesmo não tendo ganhos nenhum. A internalização pode ser feita por meio de ações, como inovação tecnológica, conservação ambiental, entre outras.

A externalidade significa que o custo é socializado, ou seja, a sociedade como um todo é quem paga. O problema da externalidade não é resolvida com a internalização, esta apenas responsabiliza o causador do problema. Se há uma externalidade que afeta um determinado local, a externalidade está embutida no custo de vida daquela região, seja financeiramente ou em qualidade de vida. Esse custo será internalizado, ou seja, incorporado por quem vive na região, seja morando próximo a um lixão, em córrego que recebe esgoto *in natura*, seja em regiões que sofrem com inundações porque não há mata ciliar em seus rios ou esse mesmo perdeu sua qualidade para lazer, consumo ou pesca.

Há um senso comum que internalizar as externalidades no preço dos produtos pesaria sobre os mais pobres, tornando os produtos e serviços mais inacessíveis a quem

tem menor poder aquisitivo, essa afirmação não está totalmente correta. Por exemplo, com a criação de um sistema de cobrança pelo uso de água, os consumidores pagarão um valor maior pela água, porém, devido ao aumento do custo haverá uma racionalização de seu uso, reduzindo assim o desperdício, tornando o uso da água mais sustentável econômica e ambientalmente, como consequência há uma redução no valor da conta de água no final do mês. Outro exemplo são as comunidades de baixa renda que moram ao lado de córregos que recebem carga de esgoto *in natura*, quanto mais suja for a área, mais desvalorizada será e mais pobre será o residente que aceita morar lá. Se houver uma cobrança para o uso da água e esse valor seja (obrigatoriamente) investido em tratamento do esgoto, a qualidade da água vai melhorar, quem vai se beneficiar é quem está recebendo (*sofrendo*) a externalidade, a comunidade local. Deste modo, o mecanismo de internalizar as externalidades é o ponto principal de um novo modelo de tributação baseada na economia ecológica (YOUNG, 2007).

Para a atividade de extração de areia nos leitos dos rios, as externalidades são os inúmeros impactos ambientais muitas vezes irreversíveis, destruindo a fauna, a flora e modificando o ambiente físico e biótico. Como essas externalidades não são computados nos preços de mercado da areia, elas podem se tornar uma causa de ineficiência econômica. Esse é o principal princípio da microeconomia a ser aplicado nessa tese de doutoramento. Se uma empresa, reduz, total ou parcialmente, a mata ciliar de sua propriedade, ela está gerando uma externalidade negativa em outros atores, diretamente a comunidade local, e indiretamente a todo o planeta. Dessa forma, internacionalizar essa externalidade é de vital importância para reduzir os impactos negativos dessa atividade econômica.

Portanto, é relevante destacar o seguinte comentário:

“A eficiência econômica exige que se assinale o “preço correto” aos recursos ambientais. Internalizando os custos (benefícios) ambientais via preço das externalidades nas atividades de produção ou consumo, é possível obter uma melhoria de eficiência com maior nível de bem-estar. Assim, a demanda por recursos ambientais poderia ser induzida via preços” (MOTTA, 2006, p.183).

e) Bens públicos

Na literatura há uma variedade de definições sobre bens públicos, para esta tese

será utilizado a definição de Motta (2006) “Chamaremos de bens públicos aqueles bens cujos direitos de propriedade não estão completamente definidos e assegurados e, portanto, suas trocas com outros bens acabam não se realizando eficientemente através do mercado”.

Um bem público possui duas importantes características: i) é um bem não disputável no mercado, ou seja, incluir esse fator na produção não acarreta em custo adicional, ii) é um bem não exclusivo em que é impossível impedir que outras pessoas o consumam (MOTTA, 2006).

A areia utilizada no processo produtivo da construção civil, por exemplo, é um bem público não exclusivo, porém, é um bem disputável, porque quanto maior for o seu consumo por uma empresa, menor será sua disponibilidade para outras empresas.

2.6 Valoração dos serviços ecossistêmicos

Peixoto (2011) afirma que os ecossistemas e os serviços que eles fornecem têm valor para a sociedade porque as pessoas usufruem da sua utilização, direta ou indiretamente (valores de uso). Dentro desse conceito utilitarista (de uso), os serviços ecossistêmicos podem ser valorados mesmo quando não estão momentaneamente sendo usados (valores *de não-uso* ou *de existência*), simplesmente por saber que esses recursos existem, mesmo que nunca os utilizem diretamente, muitas vezes isso envolve valores históricos, nacionais, éticos, religiosos e espirituais, são os valores que reconhecidos como serviços culturais dos ecossistemas (PEIXOTO, 2011).

Porém, uma visão não utilitarista, sustenta que algo pode ter um valor intrínseco, ou seja, que pode ter valor próprio, independentemente de sua utilidade para alguém ou do bem-estar proporcionado para o ser humano (PEIXOTO, 2011).

O valor econômico total de um serviço ambiental pode ser estimado a partir dos diferentes tipos de uso que a eles damos: uso direto, uso indireto e o valor de se manter aberta a opção de usá-los mais tarde (PEIXOTO, 2011). A valoração ambiental dos serviços ecossistêmicos é dar valor de escala, de importância para os serviços ecossistêmicos. Determinar o quão importante é aquele serviço para o objeto em questão.

A valoração econômica ambiental dos serviços ecossistêmicos, por sua vez, é dar um valor monetário para o serviço ecossistêmico em questão. Por meio de diversos métodos de cálculos matemáticos. O objetivo principal deste tipo de valoração é colocar

os bens e serviços que não possuem mercados para dentro desta lógica de reconhecimento.

Para valorar um produto deve-se levar em conta quais serviços ecossistêmicos serão gerados, diminuídos e eliminados e se ele já tem um valor de mercado. Há diversas metodologias de valoração de serviços ambientais, entre eles podemos destacar: Método do Preço do Mercado; Método do Custo de Viagem; Método do Custo do Dano Evitado, de Reposição ou de Serviços Substitutos; Custo de Oportunidade; Método de Valoração Contingente e Método da Transferência de Benefício (MOTTA, 1998).

Costanza et al (1997) encontraram o valor de US\$ 33 trilhões (média estimada para a faixa entre US\$ 16 a US\$ 54 trilhões) por ano para o conjunto de dezessete serviços ambientais em dezesseis biomas em todo o globo. O principal fator a ser analisado é a dependência das sociedades humanas em relação aos serviços prestados pela natureza. O segundo ponto é como as mudanças no consumo e no modo de utilização dos diversos tipos de capital natural (tanto pequenas mudanças em grande escala, quanto grandes mudanças em pequena escala), pode impactar no bem estar das sociedades humanas.

Outro ponto importante identificado nesse estudo é a relação entre a valoração ambiental e as escolhas e decisões tomadas rotineiramente que afetam o equilíbrio ambiental, contradizendo a impossibilidade em se valorar os serviços ecossistêmicos. Para os autores, não deve-se colocar em campos opostos, os argumentos morais dos econômicos, porque as decisões em relação aos ecossistemas realizadas pela sociedade implicam em valorações de juízos de valor, expressos monetariamente ou não.

Em relação aos valores encontrados pelos autores, chama a atenção o fato do valor médio final, de US\$ 33 trilhões por ano, corresponder a 1,8 vezes o valor corrente do Produto Nacional Bruto global, expressando a dificuldade de repô-lo economicamente. Outro aspecto interessante desse estudo é o fato de que a maioria dos serviços ecossistêmicos valorados, tais como a regulação do clima, o tratamento de dejetos e a ciclagem de nutrientes, não participam do mercado econômico atual, não havendo valores de mercado para esses bens e produtos. Os autores reconhecem as diversas limitações do estudo, como seu caráter exploratório resultando em estimativas dos valores não muito precisas.

Para Fearnside (1997), os benefícios gerados pelo ecossistema amazônico em valores monetários para suas comunidades tem maior importância do que o que pode ser vendido em produtos pelos mesmos. O autor reconhece as dificuldades reais dessa possibilidade, a primeira delas se refere a quantificação destes serviços, mas considera a melhor alternativa a longo prazo para o desenvolvimento sustentável da região. Essa afirmação do autor, vai ao encontro do pensamento da economia ecológica e desta tese, onde os ganhos de qualidade de vida são mais importantes que ganhos econômicos.

Andersen (1997) sugere que em médio / longo prazo, o valor da floresta amazônica em pé será superior aos praticados pela agricultura. Isso deverá ocorrer se houver uma correta valoração dos serviços ecossistêmicos globais prestados pela floresta.

O valor de uso também pode ser classificado como valor de opção, quando os valores são atribuídos ao uso que poderão ter no futuro. O valor de não-uso ou valor de existência deriva da posição moral, cultural, ética ou altruísta em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que as mesmas não representem uso atual ou futuro (MOTTA, 1998). O Quadro 2 sintetiza esta classificação.

Quadro 2. Valor Econômico do Recurso Ambiental

Valor de uso		Valor de não uso	
Direto	Indireto	Opção	Existência
Diretamente Alimentos, Madeiras, etc	Funções Microclima, Proteção. Etc	Uso Futuro Banco Genético	Existência por si só Beleza Cênica

Fonte: Motta (1998)

Motta (1998) classificou os principais métodos de valoração empregados em dois grandes grupos, métodos de função de produção e de função de demanda. O primeiro grupo engloba os métodos: da produtividade marginal e o dos mercados de bens substitutos (reposição, custos evitados e custos de controle) e são mais indicados para valorar os recursos ambientais, cuja disponibilidade afeta determinados produtos da economia. O segundo grupo refere-se aos métodos de mercados de bens complementares (preços hedônicos e do custo de viagem) basicamente para serviços ecossistêmicos de não uso, indicados respectivamente, quando exista uma alta correlação entre a variável

ambiental e uma variável específica como o preço de uma propriedade (preço hedônicos), e na valoração de uso de locais naturais (custo de viagem). Também incluído aqui, o método da valoração contingente que é indicado quando se deseja incluir a mensuração de valores de opção e de existência.

Valores de uso direto de bens e serviços são aqueles que possuem preços de mercado, como alimentos, madeira, sequestro de carbono e água, por exemplo. Associados aos bens produzidos pelos ecossistemas, encontram-se os serviços de regulação dos processos ecossistêmicos que controlam a água ou a qualidade do ar, sendo que esses são indiretos. Eles têm um valor que pode ser definido baseado em nosso comportamento, por exemplo, para valorar a qualidade de um lago, não pagamos pela manutenção mas podemos estar dispostos a pagar um preço mais elevado por uma casa próxima a esse lago ou a percorrer uma distância maior para visitar este lago.

Outros valores indiretos podem ser definidos com o objetivo de preservar o uso direto ou indireto no futuro, por exemplo, o investimento na conservação da biodiversidade. Além disso, a sociedade pode valorar os serviços ecossistêmicos, sem nunca utilizá-lo, como a preservação ambiental “apenas” pelo valor da sua existência (valor de legado/herança). Para esses métodos há um valor particular, ou seja, a pessoa ou a comunidade define um valor para esse serviços que pode ser super ou sub estimado.

Os valores de uso direto, são também aqueles nos quais o meio ambiente é fornecedor de recursos ao processo produtivo de alimentos para as comunidades, áreas de lazer, medicamentos, turismo, entre outros (MOTTA, 1997, (MONTIBELLER-FILHO, 2008), ou seja, não fornece aquele produto diretamente, mas sem esse serviço o produto final não existiria. Os valores de uso indireto derivam das funções ecossistêmicas, como proteção do solo e da bacia hidrográfica, estabilidade climática, suporte biológico (MOTTA, 1997; MONTIBELLER-FILHO, 2008) e absorção de resíduos, entre outros (MERICO, 1996). Os valores de uso futuro, ou de opção são valores de uso direto e indireto que podem ser utilizados em um futuro próximo e sua proteção se faz necessária, como fármacos cujas propriedades medicinais advém de plantas e animais desconhecidos (MOTTA, 1997; MONTIBELLER-FILHO, 2008).

Conforme Ortiz (2003), valor de opção é a disposição a pagar para manter o recurso ambiental para utilizá-lo no futuro. Os valores intrínsecos, ou de existência, são

valores da própria natureza, sem relação nenhuma aos seres humanos e aos seus usos (MONTIBELLER-FILHO, 2008), tendo como premissa uma visão ética, cultural ou altruísta para com os direitos de outros seres à vida e a preservação das riquezas ambientais, por exemplo, a opinião pública quanto ao salvamento ou preservação de determinadas espécies (MOTTA, 1997).

A valoração ambiental ainda é um tema controverso. As principais críticas referem-se à dificuldade dos métodos utilizados em captar de fato todos os benefícios gerados. Alguns autores (MARTINEZ-ALIER, 1994) enfatizam que a atribuição de valores monetários a bens e serviços, que podem não ter valor de uso, mas com significância importância emocional ou simbólica, podem ser subvalorizados. Para Heal (2000), não deve-se estabelecer valores que compensem a perda irrecuperável de serviços ecossistêmicos, porque se isto fosse possível, estaria sendo feito juízo de valores que vai além do mercado. Um exemplo bem claro desse posicionamento é a provável extinção da onça pintada (*Pantera onca*) na Mata Atlântica, qualquer valor monetário definido não deveria ser aceito para valorar a biodiversidade, nesse caso uma espécie da fauna.

Por outro lado, alguns autores, como Wunder (2005), defende que, saber os custos de oportunidade pode ser mais útil, e mais simples, na criação de um sistema de pagamento por esses serviços do que desenvolver estudos, por vezes complexos, de valoração dos serviços ecossistêmicos. Mas nesse caso a valoração econômica deverá ser restrita a produtos com valor de uso direto.

Várias iniciativas foram criadas para atribuir um valor monetário para os serviços ecossistêmicos. Os valores dos serviços ambientais da bacia hidrográfica tendem a variar de US\$ 200 a US\$ 1.000 por hectare por ano (MULLAN e KONTOLEON, 2008). O valor da polinização das abelhas para a produção de café foi estimado em US\$ 361 por hectare por ano (RICKETTS e DAILY, 2004), embora os benefícios sejam apenas concedidos para produtores a 1 quilômetro de distância das florestas naturais.

2.7 Métodos de Valoração

2.7.1 Fator Ambiental

É a valoração com o levantamento dos custos necessários para a recomposição do meio ambiente degradado. Este tipo de valoração econômica é muito utilizado para calcular multas em processos de crimes ambientais como vazamento de óleo ou incêndio.

Leva-se em conta o valor despendido na contenção do dano e na recuperação da área. Não são considerados os processos e relações ecológicas (ORTIZ, 2003).

2.7.2 Análise Benefício Custo

É a mais utilizada para a avaliação econômica de políticas e projetos considerando mercados reais e hipotéticos. Esta metodologia relaciona os benefícios (satisfação das preferências) e custos (não satisfação das preferências), para valorar o uso futuro dos bens naturais atualmente (MONTIBELLER-FILHO, 2008).

2.7.3 Custo Defensivo

Custo defensivo é a metodologia onde o serviço ambiental é valorado a partir das despesas contraídas para não se perder esse serviço ambiental. Dispositivos de purificação de água, conservação costeira e replantio de mudas são alguns exemplos inclusos nesta metodologia (ORTIZ, 2003).

2.7.4 Valoração Contingencial

Neste tipo de valoração há dois mecanismos:

- a) Disposição a Pagar, pertencente a valoração contingencial, determina o valor de um serviço ecossistêmico através de entrevistas realizadas com parte da sociedade, onde se pergunta o quanto estão dispostos à pagar para preservar esse serviço ambiental.
- b) Disposição à Receber, onde é invertido a relação e o entrevistado fornece o quanto ele está disposto à receber para aceitar um determinado nível de degradação ambiental, ou seja, por quanto ele venderia o meio ambiente sadio (CUNHA e GUERRA, 2000; ORTIZ, 2003).

Ao utilizar as metodologias contingenciais, deve-se considerar suas falhas, pois o valor final dependerá da consciência ecológica e renda mensal da população entrevistada, além da metodologia da pesquisa, entre outros fatores inerentes à população (MÉRICO, 1996; MONTIBELLER-FILHO, 2008). Porém, entre todas as metodologias, a valoração contingencial é a única com potencial para captar o valor de existência (MOTTA, 1997; ORTIZ, 2003).

2.7.5 Custo de Reposição

Valoração realizada por meio das despesas necessárias para manter os serviços ambientais ou seus benefícios indiretos, onde se realiza determinadas ações para conseguir outros benefícios, como por exemplo, o custo para o reflorestamento em áreas desmatadas para manter o nível de produção das indústrias madeireiras, ou os custos para a reposição de nutrientes em solos degradados para manter o nível da produção agrícola (MÉRICO, 1996; MOTTA, 1997).

2.7.6 Preços Hedônicos

O método dos preços valora determinado produto com valor de mercado que tenha relação de uso, estabelecendo o valor do recurso como a diferença entre os preços dos produtos com e sem o recurso natural em análise ou de seu substituto (MOTTA, 1997; ORTIZ, 2003). O exemplo mais claro é o mercado imobiliário, entre duas casas similares, a que estiver na rua da praia ou ao lado de um parque, terá mais valor de mercado, demonstrando a disposição a pagar dos indivíduos (MOTTA, 1997).

2.7.7 Custo de Viagem

Na opinião de Ortiz (2003) o método do custo de viagem foi inicialmente proposto pelo economista americano Harold Hotelling, em 1949, ao escrever uma carta para o diretor do Serviço Nacional de Parques dos Estados Unidos, sugerindo que os custos incorridos pelos visitantes dos parques poderiam ser utilizados para desenvolver uma medida de valor de uso recreacional do parque.

Esta metodologia estima o valor do serviço ambiental através do custo dos visitantes do local. O valor é calculado, por exemplo, somando-se os gastos que o visitante teve para deslocar-se para visitar e usufruir dos benefícios naturais de um determinado parque (MOTTA, 1997). O método de custo de viagem recebe críticas devido ao fato do valor encontrado sofrer alterações conforme analisa-se o meio de transporte, o tempo de visitação, o motivo da viagem, cenário econômico do país, etc (MOTTA, 1997).

2.7.8 Preço Líquido

De acordo com Merico (1996) esse método utiliza-se do preço de mercado do

bem natural considerando o estoque deste recurso, comumente utilizado para valoração em caso de desmatamento de florestas, recursos minerais, variação do estoque de peixes, entre outros. Esse método é bastante utilizado para calcular indenizações sobre desapropriações.

2.7.9 Custo de Doenças

A valoração é realizada pelo custo da degradação ambiental relacionando-a à morbidade ou perdas econômicas, utilizando-se de dados como número de pessoas doentes, despesas com doenças e hospitais, bem como medicamentos, para então valorar o dano ambiental. Tal método foi utilizado por Popak e Sigolo (2012) em trabalho apresentado no IV Congresso Internacional de Pagamento por Serviços Ambientais, onde foi estimado o valor de R\$ 15.000,00 por hectare desmatado para a construção de novos condomínios. Para chegar nesses valores os autores pesquisaram o aumento no número de atendimento médico na região para doenças ocasionadas pelo aumento do tráfego de carros na região, como enxaquecas e sinusites, devido a poluição e estresse devido ao trânsito. Os pesquisadores compararam os dados de 2007 a 2009 com os dados de 2010 a 2012. Essa separação de períodos, deveu-se ao grande número de lançamentos imobiliários na região de estudo (bairro da Granja Viana em Cotia/SP) a partir de 2009/2010.

2.7.10 Fator de Produção

O método do Fator de Produção, ou mudança de produtividade, ou ainda, produtividade marginal, foi escolhido para ser utilizado nessa Tese pois utiliza-se dos valores de entrada e saída da cadeia produtiva (ORTIZ, 2003). Quando algum dano ambiental atinge uma de suas entradas (matérias-primas), conseqüentemente afeta o preço da mercadoria na saída, mensurando a redução da produtividade ou o aumento de despesas, valora-se o dano ambiental (MÉRICO, 1996; MOTTA, 1997), essa abordagem envolve a estimação de uma função Dose Resposta, ou seja, o dano ambiental deverá ser reduzido ou eliminado (MOTTA, 1997; ORTIZ, 2003).

Esta metodologia é utilizada para valorar a degradação da qualidade da água, onde o dano, afetará a produção da aquicultura, a degradação da qualidade do solo, que conseqüentemente afeta a produção agrícola ou econômica (MOTTA, 1997).

2.8 Pagamento por serviços ecossistêmicos – (PSE) ou Pagamento por serviços ambientais (PSA)

A humanidade sempre recebeu os serviços ecossistêmicos de forma gratuita, e, por isso, nunca considerou-os na contabilidade de suas atividades. Heal (2000) sustenta que, a sociedade está excedendo a capacidade de suporte dos ecossistemas terrestres, ele afirma que a era dos serviços gratuitos está no fim. Se por um lado, não há um “dono” da Terra a qual devemos pagar por isto, por outro é preciso entender os custos para a manutenção desses serviços ecossistêmicos básicos para que eles continuem funcionando de forma equilibrada. De acordo com essas afirmações são necessárias as políticas de pagamentos para serviços ambientais ou ecossistêmicos.

Bracer et al. (2007), afirma que as decisões do dia a dia geralmente trabalham no horizonte dos retornos financeiros imediatos, muitas funções e estruturas ecossistêmicas não são consideradas nas tomadas de decisão. Essa visão imediatista deve ser mudada e a manutenção das funções ecológicas e os serviços devem ser a premissa para que a compensação dos serviços ambientais agregue valor as práticas antrópicas e também nos serviços e produtos comercializados.

Segundo Wunder (2005), o conceito de PSA está no centro das demandas por abordagens mais diretas para a conservação dos ecossistemas, em contraposição aos modelos anteriores que priorizaram projetos de conservação e desenvolvimento econômica integrados.

O conceito de PSA traz a ideia de que beneficiários de serviços ambientais pagam aos protetores pela provisão dos serviços ecossistêmico. Essa abordagem assume que existe um *trade-off* entre os diferentes usos de solo, ou seja, uma linha divisória entre o lucro e o prejuízo na escolha entre conservar o ambiente e uma atividade econômica, e buscar compensar financeiramente por meio de esquemas de compensação que mantêm a oferta do serviço ecossistêmico.

Wunder (2005) usa cinco critérios (ou passos) para definir o que chama de mercados de serviços ambientais “puros”:

- a) uma transação voluntária, não obrigatório por Lei;
- b) um serviço ambiental (ou um uso de solo que claramente seja capaz de gerar aquele serviço) bem definido;

- c) é comprado por (pelo menos um) comprador de serviço ambiental;
- d) de (pelo menos um) vendedor de serviço ambiental;
- e) se e apenas, o vendedor de fato entregar o serviço.

Dos itens acima, é necessário destacar três pontos: i) o caráter voluntário da participação, característica do instrumento econômico, em oposição as medidas mandatórias de comando-e-controle; ii) a necessidade da clara definição do serviço ecossistêmico, nesse caso, quanto menor a certeza em relação ao serviço entregue, maior a possibilidade de conflitos; iii) é uma transferência de recursos daquele que compra para aquele que vende; e pela lógica somente serão pagos se os serviços forem entregues (de acordo com o contrato realizado).

Para Bracer et al. (2007), todos os modelos de PSA partem do ponto comum de que os serviços ecossistêmicos têm valor econômico quantificável que, por sua vez, podem gerar investimentos e práticas de restauração e manutenção dos mesmos.

De acordo com Powell e White (2001), esses mercados também podem ser classificados em três categorias de acordo com o nível de intervenção governamental, conforme segue:

- a) com grau de intervenção governamental menor. É aquela em que predominam os acordos privados entre os produtores de serviços e os beneficiários. É a que assemelha ao mercado "puro" proposto por Wunder (2005).
- b) predomínio dos mecanismos de troca entre os agentes, normalmente utilizados a partir da fixação pela autoridade reguladora de um determinado padrão a ser alcançado via negociação entre os atores.
- c) pagamentos realizados pelo setor público, quando o governo ou uma instituição pública (não necessariamente estatal) paga pelo serviço ambiental. Os pagamentos podem ser destinados a produtores privados ou instituições públicas gerenciadoras de recursos naturais, um bom exemplo é a gestão de bacias hidrográficas.

Existem inúmeros programas de pagamento por serviços ambientais (PSA), sendo os programas de pagamento direto o mais comum. Normalmente, o Estado, representando a sociedade, remunera proprietários de terras pela manutenção dos serviços ecossistêmicos.

É o caso por exemplo PSA pelo uso da água, onde o pagamento deve-se a

proteção dos serviços de regulação e purificação da água providos pela bacia hidrográfica que abastece o rio. Também existem mercados de PSA baseados em produtos, onde o valor adicional da valoração econômica ambiental é indicado em um selo de qualidade ambiental (*selo verde*). Quando consumidores decidem pagar esse valor adicional eles estão escolhendo pagar, também, pelos serviços de proteção ambiental. Outra forma de PSA é por meio da regulação direta do Estado através do pagamento de multas, taxas ou emissão de licenças.

O pagamento por serviços ambientais somente terão efeitos positivos se conseguirem influenciar os proprietários (normalmente) rurais nas suas decisões quanto ao uso da terra. Na propriedade rural, o proprietário decide sobre o uso dos recursos naturais, atividade econômica e a alocação de fatores de produção, como terra e força de trabalho, com o objetivo de melhorar seu bem-estar e da sua família (ROSA et al, 2003; PAGIOLA et al, 2004). A renda é gerada através de cultivos diversos, pecuária, exploração florestal e também atividades não-agrícolas que acabam gerando outros impactos, que podem ser positivos, como preservação de belezas cênicas rurais, ou negativos, como retirada de cobertura vegetal, poluição de corpos de água, erosão do solo, entre outros. Como resultado, suas ações podem contribuir para melhorar ou degradar os ecossistemas e os impactos resultantes, normalmente, não têm reflexo nas rendas nem costumam ser um fator que afete as decisões dos agricultores (PAGIOLA et al, 2004).

De forma geral, os agricultores não costumam adotar práticas de manejo que mantenham ou aumentem o fornecimento de serviços ambientais, porque tais práticas tendem a reduzir os benefícios líquidos provenientes da agricultura, ou seja, os esforços adicionais para realizar mudanças mais favoráveis ao meio ambiente nos sistemas produtivos e/ou para não utilizar recursos naturais capazes de originar renda aos agricultores familiares geram custos de oportunidade (WUNDER, 2005; WUNDER, 2006).

Wunder (2005) defende que uma forma de se definir os valores ambientais é por meio dos custos de oportunidade, isto é, o valor perdido por não se optar por uma atividade econômica considerada lucrativa em prol de garantir um serviço ambiental. Para este autor, um levantamento dos custos de oportunidade dos potenciais provedores

dos serviços ambientais pode ser bem mais prático e simples do que desenvolver estudos complexos de valoração dos serviços ambientais.

O PSA tem se baseado nos custos de oportunidade, ou seja, os agricultores recebem uma espécie de compensação pela não produção em sua terra, levando-se em conta o grau em que a mudança de uso da terra fará na renda com alguma atividade no local (WUNDER, 2005; YOUNG, 2007). Assim, estimar os custos de oportunidade na mudanças de uso da terra em prol da conservação do meio ambiente, compreende uma etapa fundamental para orientar os incentivos a serem oferecidos como forma de induzi-los a alterar seu comportamento (PAGIOLA et al, 2004).

Segundo estes autores, o pagamento para fornecedores de serviços ambientais deve ser, pelo menos, iguais aos custos de oportunidade dos principais usos da terra, embora alguns sistemas de PSA estejam, implícita ou explicitamente, efetuando pagamentos em níveis um pouco acima do custo de oportunidade dos usuários da terra. Pagiola e Platais (2007) entendem que a valoração é um passo fundamental desenvolvimento de programas de PSA, qualquer erro de valoração pode dificultar o estabelecimento do programa a ser implementado. Segundo Guedes e Seehusen (2011) a definição dos preços a serem pagos é um ponto importante na elaboração de um projeto de PSA, em especial no caso da água e da biodiversidade.

2.8.1 Arcabouço legal e institucional no Brasil para mecanismos de PSA

Há um grande de instrumentos presentes na legislação brasileira que subsidia e fornece amparo legal e/ou institucional para a formação de esquemas PSA no país. A lei nº 9.433/1997, que regulamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos, é da maior importância, pois prevê a cobrança pelo uso da água, a destinação destes recursos para a manutenção ou melhoria da saúde da bacia hidrográfica e dá ao Comitê de Bacia o poder legal para decidir sobre a melhor forma de uso destes recursos.

De acordo com Veiga Neto (2008) uma possibilidade de criação de mecanismos de PSA, seria a regulamentação e a implantação dos artigos 47 e 48, da lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, que preveem a contribuição financeira por usuários de recursos hídricos, empresas de abastecimento urbano e de energia que se beneficiam da proteção proporcionada por Unidades de Conservação.

O primeiro caso concreto de PSA baseado em água no país, ocorreu no município de Extrema-MG, nasceu a partir de uma lei municipal de PSA, promulgada em 2005 (MAY et al, 2010). O autor apresenta outras experiências bem sucedidas no país. O Estado do Espírito Santo promulgou em 2008 a lei que criou o PSA Estadual e o FUNDÁGUA, fundo abastecido, entre outras fontes, por meio de percentual arrecadado com *royalties* de petróleo, e que prevê os pagamentos de serviços ambientais aos produtores rurais de bacias hidrográficas prioritárias do estado. Os pagamentos tiveram início em março de 2009. O estado de Minas Gerais promulgou no ano de 2008 o Programa “Bolsa Verde”, que também prevê pagamentos de serviços ambientais aos produtores rurais, financiados com recursos do FEHIDRO, o fundo de recursos hídricos do estado, abastecido pelos recursos da compensação ao estado pelas áreas alagadas pelo setor elétrico.

2.9 Relação floresta-água e seus impactos econômicos

Embora tenha-se avançado no conhecimento científico e a percepção popular em relação a função das florestas sobre as mudanças climáticas, ainda não está muito bem nítido a relação das florestas com serviços hidrológicos. Alguns pontos determinantes como por exemplo, da taxa de cobertura florestal em diferentes partes de uma bacia, em relação à qualidade e quantidade de água disponível sobretudo ao assoreamento e o papel da biodiversidade precisam ser mais estudados.

Johnson (2000), baseado em diversos outros atores, afirma acerca das relações biofísicas entre floresta, água e as comunidades humanas que: i) as florestas reduzem a taxa de escoamento superficial (*runoff*) de água nas bacias hidrográficas; ii) as florestas reduzem a erosão do solo e a sedimentação nos cursos de água; iii) os solos florestais filtram substâncias contaminantes e influenciam positivamente a química da água; iv) as florestas reduzem a vazão total anual em dada bacia; v) Florestas podem aumentar ou diminuir a recarga de nascentes e águas subterrâneas, a depender do balanço entre evapotranspiração e infiltração; vi) a perda de florestas altera a produtividade aquática; e vii) as florestas influenciam as chuvas em uma escala regional.

Para a criação de mercados de PSA focados nos serviços hidrológicos, é necessário identificar quais seriam os serviços gerados e quem seriam os principais beneficiários dos mesmos. Em seguida, avaliar o custo que implicaria a ausência das

ações de conservação e/ou restauração florestal para cada uma das atividades econômicas impactadas.

Roehl (1962) estudou a relação entre produção de sedimentos e erosão nas bacias hidrográficas. O autor relacionou alguns parâmetros de influência na quantidade de sedimentos em suspensão a partir de quantidades conhecidas de erosão de solos em bacias hidrográficas

Walling (1983) apresentou um estudo sobre a relação entre processos erosivos e as taxas de sedimentação nas bacias. De acordo com o autor, as taxas de produção de sedimentos em exutórios variam geralmente entre 10% e 40% da perda total por erosão nas bacias.

2.9.1 Serviços ecossistêmicos relacionados à mata ciliar e a água

Um solo bem conservado é de vital importância para a agricultura devido aos inúmeros serviços ecossistêmicos ofertados pela natureza. Podemos destacar: estoque de água, produção de nutriente e resiliência. As raízes mantem no solo os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta, reduz a velocidade da percolação da água e cria excelentes condições para as relações harmoniosas com o meio biótico. A conservação de um solo sadio ocasiona em um menor assoreamento dos corpos hídricos da região. Portanto, é de extrema importância fazer o uso correto do solo, para isso deve ser considerado os seus limites de resiliência, assim, deve-se considerar seu uso sustentável, considerando a produção agropecuária e a manutenção de suas funções ecológicas.

O mal uso do solo é o principal fator de impacto aos recursos hídricos. Um grande volume de solo rico em nutrientes é perdido, ocasionando o assoreamento dos cursos d'água, afetando os usos mais a jusante dos corpos hídricos. Segundo Manzatto et al (2002), estima-se um custo agregado de cerca de US\$ 2,64 bilhões/ano causados aos produtores diretamente e à sociedade indiretamente com as perdas de solo em território brasileiro.

O processo de assoreamento numa bacia hidrográfica está diretamente associado ao mal uso do solo de suas margens, uma vez que é esse o processo que fornece os materiais (sedimentos) para o assoreamento.

É de conhecimento científico, popular e do poder público que o controle mais

efetivo da sedimentação em bacias hidrográficas está na redução do processo erosivo de suas margens. Entretanto, apesar deste conhecimento e de haver ferramentas de prevenção como a legislação ambiental e fiscalização do poder público, ainda não há um mecanismo eficaz com viabilidade econômica e social de investimentos na conservação do solo ou a contribuição da manutenção e recuperação da cobertura nativa como instrumento de controle da erosão.

Reis (2004) em estudo realizado nas sub-bacias do rio Piracicaba, onde encontrou relações entre a cobertura vegetal sobre mananciais de captação de águas para abastecimento doméstico e os custos de tratamento da água. Segundo a autora, regiões com cobertura vegetal inferior a 15% da área da bacia apresentaram maiores variações na turbidez média entre o período seco e o chuvoso. Essa Tese parte desse resultado (Reis, 2004) de que o conhecimento que a falta da mata ciliar ocasiona o aumento da turbidez da água, devido ao assoreamento, e com isso pode haver há um aumento no custo de extração de areia e também do tratamento da água para uso doméstico. Essa hipótese foi confirmada por

A quantidade de sedimentos em suspensão na água é refletida nos valores de turbidez e, conseqüentemente, na percepção de qualidade pelos consumidores.

2.9.2 Serviço ecossistêmico de conservação do solo e erosão

Como apresentado nos objetivos, o foco desta tese é valorar a extração de areia, desta maneira foram analisados todos os serviços ecossistêmicos que direta ou indiretamente influenciaram na quantidade e qualidade da areia retirada.

Como observado na citação anterior, a presença de mata ciliar é de vital importância para a conservação do solo e para a atividade de extração de areia e qualidade de água, conforme processos ecológicos apresentados nas Figuras 4 e 5.

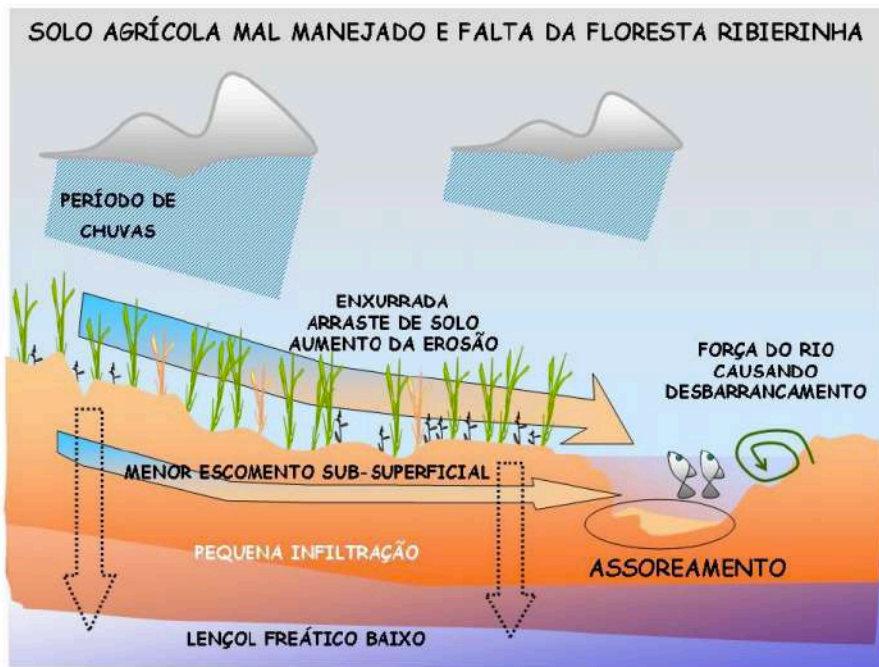


Figura 4. Esquema dos serviços ecossistêmicos providos pela mata ciliar

Fonte: Desconhecida



Figura 5. Esquema dos serviços ecossistêmicos providos pela mata ciliar

Fonte: Desconhecida

As Figuras 4 e 5 demonstram o mecanismo de proteção das mata ciliares para evitar o assoreamento dos rios. Com a presença da mata ciliar, a água da chuva que cai na área não flui rapidamente para o rio lixiviando consigo sedimento e a serrapilheira. Por perder a velocidade de escoamento aumenta a quantidade de água percolada abastecendo o lençol freático. Além de manter o rio com menos matéria orgânica permitindo um ambiente mais saudável para a fauna e flora existe no local. Além de filtrar e manter os nutrientes e agrotóxicos por meio da ação das raízes e da gravidade. Devido a isso, o solo se mantém conservado fechando o ciclo da água e nutrientes em um ambiente equilibrado, se esse cenário não for alterado as ações se repetem indefinidamente. Por outro lado, se houver a retirada da mata ciliar, as águas da chuva caem e logo percorrem em direção do corpo hídrico, levando consigo sedimento, serrapilheira, agrotóxicos e tudo mais que tiver na superfície, podendo ocasionar assim o assoreamento do rio, modificando a qualidade da água, aumentando a turbidez, alterando completamente esse ecossistema. Nesse caso o ciclo não se fecha, ou seja, as alterações nos ambientes irão cada vez mais se potencializar, alterando completamente o ambiente, causando erosões, mudando a qualidade da água, turbidez em um processo sem fim.

A taxa de erosão nas bacias hidrográficas e de sedimentação no leito da drenagem está diretamente relacionada ao assoreamento de mananciais hídricos. Parte do material erodido, condicionado por fatores como cobertura vegetal e declividade dos terrenos, aporta ao meio hídrico e sofre processos de transporte e sedimentação. Segundo Carvalho (1994), os sedimentos transportados em meio hídrico são depositados de maneira seletiva, relacionada à forma e densidade das partículas. Assim, de modo geral, partículas mais leves e com formas achatadas permanecem mais tempo como sedimentos em suspensão na água, enquanto as mais esféricas e pesadas decantam mais rapidamente e passam a ser influenciadas pelo arraste de fundo. A Figura 6 apresenta um experimento que teve como objetivo ilustrar o mecanismo supra citado.



Figura 6. Modelo experimental demonstrando a importância da mata ciliar para evitar o transporte de partículas do solo

Fonte: Desconhecida

O experimento apresenta as consequências da não presença da mata ciliar. O modelo apresentado acima libera água fazendo a função das águas da chuva com duas áreas sofrendo essa ação. Percebe-se claramente que na amostra a esquerda (sem vegetação) o produto final é uma água com mais sedimentos e em maior quantidade que na amostra da direita (com vegetação). Demonstrando sem dúvidas a real necessidade e importância da presença de uma mata ciliar conservada para evitar assoreamento em bacias hidrográficas e corpos de água restritos (reservatórios, logos, etc).

2.10 Areia

2.10.1 Definições e características

Toda atividade mineradora causa modificações ao Meio Ambiente, são os chamados Impactos Ambientais, cuja definição jurídica no Brasil vem expressa na Resolução CONAMA (1986) – Conselho Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo primeiro, nos seguintes termos:

“Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam-

se: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais.”

Os problemas relacionados com a mineração e o meio ambiente, são preocupação da comunidade científica nacional e internacional há muito tempo. Vários autores brasileiros como, Fornasari et al. (1984) e Bittar (1997), produziram importantes contribuições ao estudo dos problemas que afetam o meio físico, provocados pela mineração ao meio ambiente brasileiro.

Segundo Santos (2004) o impacto ambiental pode ser positivo (trazer benefícios) ou negativos (adverso) proporcionando diferentes prejuízos. A avaliação do impacto significa a interpretação qualitativa e quantitativa das mudanças, de ordem ecológica, social, cultural ou estética.

De acordo com Reis et al. (2006), em trabalho elaborado com o propósito de analisar as consequências da extração de areia em larga escala no balanço hídrico climatológico do Vale do Paraíba, originados pela extração de areia verificou uma evolução de 591,4 ha em 1993 para 1.726,5 ha em 2003. Neste ano, registrou-se uma perda de água para a atmosfera pela evaporação das cavas de 19.157.022 m³/ano, que seria suficiente para abastecer uma cidade com 326.300 habitantes.

A mineração está entre os setores básicos da economia brasileira, contribuindo de forma importante para o bem-estar e melhoria da qualidade de vida das pessoas, sendo de fundamental importância ao desenvolvimento da sociedade (SILVA, 2007).

Para o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (1987), minerar é extrair economicamente bens minerais da crosta terrestre. De acordo com o Instituto a atividade de mineração compreende a pesquisa, o desenvolvimento e a lavra, bem como o transporte, manuseio, beneficiamento e toda infra estrutura necessária a essas operações, excluindo-se os processos de metalurgia e transformação. A mineração, através da produção de matérias-primas e insumos, é imprescindível à manutenção da vida, para o conforto e o progresso da civilização, embora a sociedade moderna desconheça sua dependência da produção de recursos naturais (IPT, 2003).

Nas últimas três décadas deu-se uma grande expansão do setor mineral de não-metálicos, em virtude da ocupação urbana, do aumento de infra estrutura e crescimento

do Parque Industrial brasileiro elevando o consumo de insumos, elevando o Brasil como o maior produtor de minerais industriais da América Latina, com destaque para o consumo interno de agregados (areia, brita, cascalho, etc), argilas, rochas carbonáticas, rochas fosfáticas e água mineral (IPT, 2003).

O DNPM (2006) destaca uma série de problemas associados diretamente a mineração:

- os processos de beneficiamento e/ou tratamento são deficientes e não proporcionam níveis de recuperação desejáveis;
- a qualidade do produto final, muitas vezes, não atende aos requisitos do mercado, dificultando a comercialização;
- provocam danos ambientais que poderiam ser evitados ou minimizados;
- insuficiências das informações geológicas;
- uso de tecnologia obsoleta;
- mão-de-obra sem a necessária qualificação;
- pouco conhecimento do mercado;
- estrutura de comercialização deficiente;
- baixo grau de estruturação administrativa das empresas.

Segundo a norma NBR 9935 da ABNT (1987), a areia é definida como “agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou proveniente de outros processos industriais”. A areia é produto da desintegração mecânica através de agentes exteriores sobre rochas, que emergiram. O vento, a água, as geadas, a vegetação entre outros, provocam nas rochas erosão e desgaste ao longo do tempo, transformando-as em pedregulhos e areias, solos de partículas grossas, siltes partículas intermediárias e por último, as argilas, que são as partículas finas e formadas normalmente, pela decomposição química.

Classificação da Areia

O grão possui diâmetro entre 1/16 polegadas e 2 milímetros. Mas segundo a ABNT está na faixa de 0,05 a 5 milímetros.

A classificação segundo a ABNT (6502/95) é a seguinte:

Quanto à granulometria

Fina = 0,15 a 0,6 mm

Média = 0,6 a 2,4 mm

Grossa = 2,4 a 4,8 mm

Quanto ao grau de elaboração

areia bruta - que não foi beneficiada;

areia lavada - areia que sofreu o processo de lavagem, propiciando sua limpeza;

areia graduada – areia que obedece a uma classificação granulométrica estabelecida de acordo com a necessidade do mercado e disponibilidade estrutural do estabelecimento minerário.

Quanto à composição química - a areia é classificada como silicato, já que é constituída de quartzo, feldspato e mica. Porém, há uma grande variedade de minerais que constituem as diversas areias, inclusive, conferindo-lhes cores diferentes, conforme essa composição.

Quanto ao solo - a areia é classificada como sedimentar (ou alotóctone), isto é, que são transportados.

Quanto o transporte

Coluvionares - quando o transporte é a gravidade.

Aluvionares - quando o transporte se dá pela água (fluvial).

Eólicos - quando o transporte é pelo vento.

Quanto à estrutura - é classificada como sendo de estrutura granular simples, nas quais as partículas se apoiam umas sobre as outras na sua disposição, é produto da força da gravidade. Em alguns tipos de areia acontece a estrutura alveolar.

As jazidas de areia são formadas nos cursos d'água, e são depositadas naturalmente em seus leitos e margens. Podem ser do tipo fluvial, de rochas metassedimentares (quartzito friável) ou de material rochoso desagregado, conhecido como cascalheiras de uso em estradas vicinais. Na construção civil, esse areia é utilizada praticamente sem sofrer qualquer tipo de tratamento.

2.10.2 Métodos de extração

De acordo com o DNPM (2006) os métodos de extração de areia são:

2.10.2.1 Manual

Método rudimentar, realizado manualmente por meio de pás. Ocorre em menor número mas a degradação causada pôr esse tipo de extração é muito significativo, destruindo matas ciliares e degradando margens de cursos d'água. O transporte, de maneira geral, é feito pôr veículos de tração animal, carroças.

2.10.2.2 Fossa Seca

Chama-se extração a seco quando o depósito situa-se acima do nível do lençol freático, o termo é empregado quando a extração acontece em cava ou a céu aberto.

A operação se inicia com o decapeamento do solo. A seguir, com jatos de água de alta pressão, procede-se a desagregação dos sedimentos ou rochas alteradas, formando a polpa, a qual desce por gravidade até a bacia de acumulação. Em seguida, esse material é lançado por bombeamento até os tanques de decantação, em geral em número de dois, dispostos em sequência, para abrigar o material mais pesado no primeiro tanque e o material mais leve no segundo. Procede-se um novo jateamento d'água no último tanque e efetua-se o bombeamento da polpa até o local onde é feita a separação granulométrica e a estocagem da areia.

O rejeito de material fino é armazenado em reservatório. Com a decantação dos finos processa-se a clarificação da água de lavagem, que então retorna ao sistema e é reaproveitada no desmonte. O processo de desmonte hidráulico provoca danos ao meio ambiente, de acordo com o local que for explorado. Entre eles podemos citar a destruição da vegetação existente, com todos os efeitos que provoca àquele meio, desfiguração do local, e se estiver próximo a algum corpo d'água poderá trazer prejuízos ao meio aquoso. Dos processos utilizados é o que menos provoca impacto ao meio ambiente. Esse processo de extração pode ser realizado por carregadeira de pneus, trator de esteira e/ou retroescavadeira com comando hidráulico.

2.10.2.3 Área de Várzea

A extração em várzea geralmente é do tipo cava submersa em função do nível freático ser muito raso. A extração é realizada com draga instalada sobre um barco e equipada com bombas centrífugas. Tubos acoplados a essas bombas servem como condutores da água necessária à escavação e como meio de transporte da polpa até os silos ou pátio, onde fica o dique que recebe a areia com excesso de umidade.

Normalmente o nível do lençol freático é pouco profundo nas várzeas, fazendo com que o tempo de extração sem o uso de dragas de sucção seja pequeno. Quando o nível do lençol freático é atingido, há a introdução das dragas de sucção, que conduzem o material até o local de estocagem, e as partículas dissolvidas e as águas retornam para a lagoa através de canais coletores.

Esse talvez seja o método que mais causa impactos ambientais, dentre eles destaca-se: a destruição da mata ciliar; desvio do curso d'água, poluição e a perturbação e destruição da hidro-fauna e hidro-flora.

2.10.2.4 Leito de Cursos d'Água

O tipo de lavra e beneficiamento praticados para os depósitos em leito de rio consiste na dragagem dos sedimentos ativos existentes nos leitos, em profundidades não muito elevadas. A dragagem é feita através de bombas de sucção instaladas sobre barcas. As bombas de sucção são acopladas às tubulações que efetuam o transporte da areia na forma de polpa até as peneiras dos silos ou pilhas de minério.

O processo de cava de leito provoca danos ao meio ambiente, sendo os mais frequentes o aprofundamento do leito do rio, poluição, perturbação e destruição da flora e fauna aquática.

2.10.3 Fases de operação na extração de areia no método de extração em leito de rio

De acordo com o DNPM (2006) as fases de extração de areia são:

Retirada do Material Mineral: O processo mais comumente empregado utiliza dragas com bombas de sucção e recalque, movidas a óleo diesel e, ou, energia elétrica, que se instalam sobre barcas (Figura 7).



Figura 7. Draga em processo de extração de areia no leito do rio (Porto Pirâmide).

Fonte: Popak (2014)

Estocagem: A areia é primeiramente despejada no solo para secagem (Figura 8) e depois conduzida aos locais de estocagem – temporários ou não (Figura 9) –, denominados caixotes, paióis e, ou, silos. Os locais de estocagem são temporários quando a areia retirada ainda passará por um processo de peneiramento ou drenagem e somente depois será conduzida aos locais de estocagem permanente, onde ocorrerá o carregamento para o seu transporte. São usadas também estruturas de beneficiamento que possuem peneiras e silos de estocagem temporários, onde já são feitas a separação do mineral, por granulometria, e a drenagem inicial.



Figura 8. Separação, drenagem e secagem da areia retirada (Porto Pirâmide)

Fonte: Popak (2014)



Figura 9. Pátio de estocagem (Porto Pirâmide).

Fonte: Popak (2014)

Drenagem: Após a areia ser conduzida aos locais de estocagem, ela recebe drenagem natural, quando as águas e as partículas finas dissolvidas vão direto para o curso d' água ou retornam, através de canaletas e, ou, canais coletores, à lagoa de decantação de finos (Figuras 10 e 11), para posteriormente entrarem em contato com o rio.



Figura 10. Lagoa de Decantação de finos (Porto Pirâmide)

Fonte: Popak (2014)



Figura 11. Lagoa de Decantação de finos (Porto Pirâmide)

Fonte: Popak (2014)

Peneiramento: O peneiramento pode ocorrer antes da estocagem da areia ou após a sua drenagem, o que vai depender das técnicas empregadas na extração. O peneiramento é importante para melhorar a qualidade da areia, tendo em vista os diferentes usos que se pode ter desse material, segundo a sua granulometria.

Carregamento: Consiste no carregamento dos caminhões, que farão o transporte da areia para a fonte de consumo. São comumente usadas carregadeiras de pneus e retroescavadeiras para essa atividade. Se o local de estocagem for elevado, esse carregamento se dá por esteiras.

Transporte: Refere-se à entrega do produto final na fonte de consumo; o meio rodoviário é o mais empregado, sendo utilizados normalmente caminhões com caçambas de um ou dois eixos traseiros.

2.11 Legislação ambiental e os impactos ambientais da atividade de extração de areia

A legislação ambiental disciplina o uso racional dos recursos ambientais e a preservação da qualidade ambiental. Um de seus instrumentos, o Decreto no 88.351/83, posteriormente revogado pelo decreto no 99.274/90, que regulamentou a Lei no 6.938/81, vincula a utilização da avaliação de impacto ambiental aos sistemas de licenciamento dos órgãos estaduais de controle ambiental para as atividades poluidoras ou mitigadoras do meio ambiente.

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) assegura uma análise sistemática dos impactos ambientais. Tem por objetivo garantir que responsáveis pela tomada de decisão apresentem soluções adequadas à população e ao meio ambiente, gerando medidas de controle e poluição. O Quadro 3 apresenta os impactos ambientais relacionando-os com as atividades de extração de areia e as fases de operação.

Quadro 3 Tipos de impactos ambientais relacionados com as atividades de extração de areia.

FASES DO	ATIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTAIS
Planejamento	Movimentação de equipes técnicas	1 - Geração de expectativas sobre o empreendimento
		2 - Atritos com comunidade
Implantação	Contratação de serviços	3 - Desencadeamento de processo erosivos
	Aberturas de acessos	4 - Alteração da permeabilidade do solo
	Remoção da vegetação	5 - Alteração dos níveis de ruídos
	Construções	6 - Assoreamento dos corpos hídricos
	Circulação de máquina e veículos	7 - Contaminação do solo
	Preparação de frente de lavras	8 - Deslocamento da fauna
		9 - Perda de vegetação
		10 - Perda de habitat para a fauna
		11 - Acidentes com a fauna
		12 - Geração de empregos
		13 - Interferência de sítios arqueológicos e culturais
Operação		14 - Acidentes de trabalho
	Extração da areia	15 - Contaminação do solo
	Transporte da areia	16 - Alteração da qualidade da água
	Manutenção dos equipamentos	17 - Desencadeamento de processo erosivos
	Circulação de máquinas / veículos e	18 - Alterações dos níveis de ruídos
	Geração de resíduos	19 - Deslocamento da fauna
		20 - Acidentes com a fauna
		21 - Geração de empregos
		22 - Riscos de acidentes de trabalho
	23 - Aumento na arrecadação de impostos	

Fonte: IPT, adaptado (2003)

2.11.1 Aspectos legais da mineração

O IPT (2003) apresenta as competências legislativas da União, Estados e Municípios nas questões de aproveitamento de recursos naturais, embora os órgãos municipais façam pouco uso desta competência para salvaguardar ou promover os legítimos interesses locais. As competências estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4. Competências legais dos diferentes órgãos estaduais

Órgãos	Competências	Dispositivos
União	<ul style="list-style-type: none"> - Legislar privativamente sobre jazidas, minas e outros recursos minerais; - legislar privativamente sobre sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacionais; e - organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia, geologia e cartografia, de âmbito nacional. - Poderá transferir aos Estados o poder de legislar, desde que com lei complementar. 	Constituição Federal, 1988: Artigos 21 e 22.
União Estados	<ul style="list-style-type: none"> - Conservação da natureza, defesa do solo e recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição; - responsabilidade por dano ao meio ambiente; e - produção e consumo. - É facultado aos Estados legislar para atender suas particularidades. 	Constituição Federal, 1988: Artigos 25 e 26.
União, Estados Municípios	<ul style="list-style-type: none"> - Registro, acompanhamento e fiscalização das concessões minerárias; e - proteção do meio ambiente, combate à poluição e proteção das paisagens naturais notáveis e dos sítios arqueológicos. - São previstas normas de cooperação entre os órgãos, por meio de lei complementar. 	Constituição Federal, 1988: Artigo 23.
Municípios	<ul style="list-style-type: none"> - Suplementar as legislações federais e estaduais, no que couber, e promover o adequado ordenamento territorial por meio de planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano; - Legislar sobre assuntos de interesse local; e - implantar o Plano Diretor, aprovado pela Câmara Municipal, para cidades com mais de 20 mil habitantes, como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana; prevalece sobre a estadual. 	Constituição Federal, 1988: Artigos 23 e 30.

Fonte: IPT, adaptado (2003)

A Constituição do Estado de São Paulo dispõe sobre competências do Estado e/ou dos Municípios, tanto de forma explícita, como de forma associada, no processo de gestão, fomento e aproveitamento de recursos naturais. O Quadro 5 apresenta essas competências.

Quadro 5. Competências legais dos diferentes órgãos públicos

Órgãos	Competências	Dispositivos
Estado	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar e propor o planejamento estratégico do conhecimento geológico de seu território, executando programa permanente de levantamentos geológicos básicos, no atendimento do desenvolvimento econômico-social, em conformidade com a política do meio ambiente. - Aplicar o conhecimento geológico ao planejamento regional, às questões ambientais, de erosão do solo, de estabilidade de encostas, de construção de obras civis, e à pesquisa e exploração de recursos minerais e de água subterrânea. - Proporcionar o atendimento técnico nas aplicações do conhecimento geológico às necessidades das prefeituras do Estado. - Fomentar as atividades de mineração, de interesse socioeconômico financeiro para o Estado, em particular de cooperativas, pequenos e médios mineradores, assegurando o suprimento de recursos minerais necessários ao atendimento da Agricultura, da indústria de transformação e da construção civil do Estado, de maneira estável e harmônica com demais formas de ocupação do solo e atendimento à legislação ambiental. - Executar e incentivar o desenvolvimento tecnológico aplicado à pesquisa, à exploração racional e ao beneficiamento de recursos minerais. 	Constituição Estadual do Estado de São Paulo: Artigo 214
Estado Município	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer, mediante lei municipal, normas sobre zoneamento, loteamento, parcelamento, uso e ocupação do solo, índices urbanísticos, proteção ambiental e demais limitações administrativas pertinentes, em conformidade com as diretrizes do Plano Diretor, plano este obrigatório a todos os municípios, considerando-se a totalidade de seu território. - Controlar e fiscalizar as obras, atividades, processos produtivos, empreendimentos e exploração de recursos naturais de qualquer espécie, objetivando resguardar o equilíbrio ambiental (Estado). - Implementar o “sistema de administração da qualidade ambiental, proteção, controle e desenvolvimento do meio ambiente e uso adequado de recursos naturais”, para organizar, coordenar e integrar as ações de órgãos e entidades públicas com a participação da 	Constituição Estadual do Estado de São Paulo: Artigos 191 ao 199.

	<p>comunidade (Estado).</p> <p>- Apoiar a formação de consórcios entre os municípios, para solução de problemas comuns referentes à proteção ambiental, em particular à preservação e ao uso equilibrado dos recursos naturais (Estado).</p> <p>- Orientar a utilização racional de recursos naturais de forma sustentada, compatível com a preservação do meio ambiente (Estado, com cooperação dos municípios). - Providenciar, com a participação da comunidade, a preservação, conservação, recuperação, defesa e melhoria do meio ambiente (Estado e municípios).</p> <p>- Estabelecer diretrizes para localização e integração das atividades industriais, dentro do contexto de pleno desenvolvimento econômico e social e considerando os aspectos ambientais (Estado), competindo aos municípios a criação e regulamentação de zonas industriais, devidamente integrados em planos diretores e nas diretrizes estaduais.</p>	
--	---	--

Fonte: IPT, adaptado (2003)

Segundo o IPT (2003) as atividades de mineração estão sujeitas às seguintes legislações:

- Legislação mineraria e correlata;
- Legislação ambiental e correlata;
- Legislação referente a compensações financeiras;
- Código Civil Brasileiro; e
- Código Florestal.

Herrmann (2007) explica que o Direito Mineral consta na Constituição Federal, especialmente nos artigos 20, IX e §1o; 21, XV, XIX e XXV; 22, XII e XVIII; 23, XI; 24, VI; 48, V; 49, XVI; 91; 153, V e § 5o; 155, II e § 3o; 174; 176; 177; 225, § 2o; 231, § 3o, e outros, com destaque para o artigo 20, IX, que elenca entre os bens da União os recursos minerais; o artigo 176, que apresenta a mineração como uma atividade econômica de interesse nacional; e o artigo 225, § 2o, que trata da obrigação na mineração de recuperar a área degradada, como medida de proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

De acordo com Herrmann (2007) o setor de mineração tem como instrumento de

normatização infraconstitucional principal o Código de Mineração – Decreto-Lei no. 227, de 28/02/1967 e seu regulamento – Decreto no. 62.934, de 02/07/1968, alterados por legislações posteriores.

2.11.2 Licenças ambientais para extração de areia (Regimes)

2.11.2.1 Autorização

É representado pelo Alvará de Autorização de Pesquisa, expedido pelo Diretor Geral do DNPM, que permite ao habilitado realizar as pesquisas geológicas e os correspondentes trabalhos técnicos para a definição das substâncias de interesse econômico, em área delimitada previamente aprovada e um prazo pré-definido (máximo de três anos, renovável) (DNPM, 2006).

A autorização poderá ser concedida à pessoa física brasileira ou jurídica com sede no Brasil, objetivando a área pública ou privada, com pagamento de uma renda aos seus proprietários ou posseiros pela ocupação da área e indenização por danos e prejuízos que possam ser causados pelos trabalhos de pesquisa. Em caso de propriedade pública, só o pagamento de indenização é obrigatório. Os incisos I; II; III e IV, do Código de Mineração, tratam dos regimes de concessão, autorização, licenciamento, permissão de lavra e monopolização (DNPM, 2006).

O Artigo 14 do I - regime de concessão, quando depender de Portaria de Concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia (Redação dada pela Lei 9.314-1996);

II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (Redação dada pela Lei 9.314-1996);

III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (Redação dada pela Lei 9.314-1996);

IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de Portaria de permissão do Diretor Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (Redação dada pela Lei 9.314-1996);

V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução

Código de Mineração (1967, p. 4) no § 1o, a pesquisa mineral é definida como:

[...] trabalhos de campo e de laboratório, levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, estudo de afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos, aberturas de escavações visitáveis e execução de sondagens do corpo mineral, amostragens sistemáticas, análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis, para obtenção de concentrados, de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial (CÓDIGO DE MINERAÇÃO, 1967, p. 4).

2.11.2.2 Concessão

É denominado de *Portaria de Lavra*; anteriormente, o *Decreto de Lavra* era de responsabilidade do Presidente da República. Trata-se de um diploma expedido pelo Ministério de Minas e Energia onde o titular estará habilitado a efetuar os trabalhos de extração mineral (DNPM, 2006).

A concessão será outorgada exclusivamente a pessoas jurídicas, que cumprirem todas as disposições legais, técnicas e administrativas previstas na legislação específica, relativas ao regime de autorização e com a apresentação de um Plano de Aproveitamento Econômico da Jazida, licenciamento ambiental do órgão competente e mais o assentimento, aceite ou outorga de outros órgãos competentes, quando em áreas sob jurisdição destes órgãos (DNPM, 2006).

Para Herrmann (2007) a outorga de uma *Portaria de Lavra* deverá ocorrer quando for comprovada sua importância para a região e, ainda, quando não comprometer interesses públicos, nem for superada por outras atividades econômicas. Para o autor, considerando-se esses aspectos, seria possível assegurar uma lavra racional, com técnica bem desenvolvida, sem constrangimentos à sociedade, ao meio ambiente e aos trabalhadores, conseqüentemente, obtendo uma produção ótima de bens minerais.

2.11.2.3 Licenciamento

Este regime prevê a outorga de licença específica pelos órgãos municipais, atendidos os critérios e regulamentos próprios. Em seguida, a licença será encaminhada ao DNPM para registro, a lavra só poderá ser iniciada após o licenciamento ambiental

emitido pelo órgão competente (DNPM, 2006).

Um aspecto que deve ser considerado é a existência obrigatória de um Plano de Lavra (PL). Trata-se de um projeto técnico constituído pelas operações coordenadas de lavra, objetivando o aproveitamento racional do bem mineral. Este regime é aplicado apenas a alguns tipos de bens minerais, com o aproveitamento *in natura*, sem submissão a processos industriais de beneficiamento e desde que sua utilização não sirva como matéria-prima destinada à indústria de transformação (IPT, 2003).

As substâncias admitidas neste regime são:

- Areais, cascalhos, saibros e rochas utilizadas na produção de britas, para o preparo de agregados e argamassas de utilização imediata na construção civil;
- rochas e outras substâncias minerais para aparelhamento de paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e de calçamentos sem processo de beneficiamento de suas faces;
- argilas usadas no fabrico da cerâmica vermelha; e
- calcários empregados como corretivos de pH em de solos na agricultura e silvicultura.

2.11.2.4 Extração

O Regime de Extração foi criado pela Lei nº 9.827/99, com vistas para atender aos órgãos da administração, direta ou autárquica da União, dos Estados ou dos Municípios. Caracteriza-se por um regime que, em relação aos aspectos legais dos demais regimes, trata, de forma simplificada e com maior agilidade, o processo de requerimento. O IPT (2003) destaca aspectos que diferenciam este regime dos demais, citado pelo Decreto 3.358, de 02/02/2000, são:

- a extração deve ser executada diretamente pelo órgão, sendo vetada a contratação de terceiros para esse fim;
- o produto da lavra deve ser utilizado exclusivamente em obras públicas executadas diretamente pelo mesmo órgão;
- é vetada a comercialização das substâncias extraídas;
- a extração deve se dar por prazo determinado, podendo ser prorrogado, de acordo com as necessidades da obra;
- a área máxima permitida para o registro é de cinco hectares;
- excepcionalmente, o registro poderá ser outorgado em áreas já oneradas por títulos de

- direitos minerários sob outros regimes, desde que haja anuência do titular; e
- é vetada a cessão ou transferência do registro. Segundo Herrmann (2007) este regime atende a uma reivindicação dos prefeitos municipais, com o argumento de baratear obras públicas.

2.11.3 Legislação Ambiental atrelada a Mineração de Areia

A mineração é classificada como atividade potencialmente modificadora do meio ambiente. Neste contexto, está sujeita ao processo de licenciamento ambiental e à recuperação de áreas degradadas. Portanto, para liberação do licenciamento ambiental é necessária a apresentação de estudos ambientais que, dependendo dos impactos produzidos, são estudos de forma obrigatória, e são eles: no caso de impactos de forma mais complexa será o EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente; no caso de forma menos complexa, PCA/RCA – Plano de Controle Ambiental e Relatórios de Controle Ambiental. Porém, em qualquer situação é obrigada a apresentação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.

De acordo com IPT (2003), no Estado de São Paulo o licenciamento ambiental segue o processo de requerimento e obtenção de títulos minerários do DNPM, mas o processo de outorga do licenciamento ambiental é de competência da Secretaria do Meio Ambiente, que integra a estrutura do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, responsável pela implementação da Política Nacional do Meio Ambiente, em casos especiais, sendo alçada do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Os órgãos e entidades municipais que têm o objetivo de proteção e melhoria da qualidade ambiental são considerados órgãos locais da estrutura do SISNAMA e do SEAQUA, podendo, portanto, elaborar normas supletivas e complementares.

Endossando o Poder Municipal, há a Resolução CONAMA n°. 237/97, que reordena o licenciamento ambiental no território nacional, dando ênfase ao município como ente federativo e atribuindo ao município funções específicas na gestão do meio ambiente.

Não existindo a competência específica, a legislação prevê que o licenciamento ambiental, no âmbito da União e Estados, deve considerar o exame técnico realizado

pelos órgãos ambientais dos municípios onde se localiza o empreendimento.

2.11.4. Compensações financeiras atreladas a Mineração

Outro aspecto importante é a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), prevista no artigo 20, parágrafo primeiro, da Constituição Federal de 1988, e regulamentada pelas Leis números 7.990/89, 8.001/90 e 9.993/00: é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação econômica pelo uso dos recursos minerais em seus respectivos territórios, não tributo, mas sim, preço público (DNPM, 2006).

A CFEM arrecadada é distribuída da seguinte forma:

- 12% para a União.
- 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral.
- 65% para o município produtor.

De acordo com Eduardo (2008) considera-se município produtor aquele onde ocorre a extração da substância mineral. O autor destaca que o objetivo principal da CFEM é gerar benefícios para as comunidades, municípios e Estados onde ocorre a mineração. A mineração gera impactos ambientais, sociais e econômicos, desta forma, a renda obtida deverá ser utilizada para mitigar os impactos da atividade.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no trecho do rio Ribeira de Iguape entre os municípios de Registro e Sete Barras no Estado de São Paulo. Neste trecho foram definidos alguns pontos de amostragem que são áreas de extração de areia de empresas localizadas as margens deste rio. A região apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22°C, apresentando o mês mais seco mais de 30mm de chuva (SEVÁ FILHO et al, 2007).

No trecho paulista da Bacia do Ribeira e regiões limítrofes, várias Unidades de Conservação estaduais foram delimitadas: o Parque “Intervales” no interflúvio da Bacia do Ribeira com a Bacia do Paranapanema, o “Petar” na região de cavernas entre Apiaí e Iporanga, o “PEJ”, mais abaixo, em torno de Jacupiranga, e uma extensa Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Mar, com quase cinco mil quilômetros quadrados, desde próximo da RMSP até perto da divisa com o Paraná. Nas encostas mais baixas a coleta de palmito juçara foi uma grande fonte de renda nas décadas passadas, e embora não provoque um desmatamento massivo, está sendo bastante reprimida pela fiscalização ambiental, e vai sendo pontualmente substituída por plantios de palmeirais, por exemplo, perto de Juquiá (SP). Dois produtos vegetais simbolizam a economia rural da região: a banana, com bananais de centenas de hectares – por exemplo, em Sete Barras e Eldorado – e o chá, que tem na maior cidade do vale, Registro, no cruzamento do Rio Ribeira de Iguape com a Rodovia Régis Bittencourt, o grande centro produtor de todo o país; mas o chá já foi plantado e industrializado também na parte alta em Tapiraí / SP (SEVÁ FILHO et al., 2007).

A região foi selecionada devido a grande concentração de areais no rio Ribeira de Iguape. As mineradoras da região vendem seus produtos para a região de São Paulo e Santos, devido a relativa distância de aproximadamente 250 km e ao fácil acesso entre esses locais (Rodovia Régis Bittencourt). Os portos amostrados estão estabelecidos a margem do rio supra citado e são constituídos basicamente por uma área de estocagem, limpeza da areia, escritórios e depósitos. Foi possível perceber que as empresas visitadas mantêm a mata ciliar com 30m de largura conforme a legislação Ambiental vigente. A

Figura 12 apresenta o mapa da região com as indicações das unidades amostrais

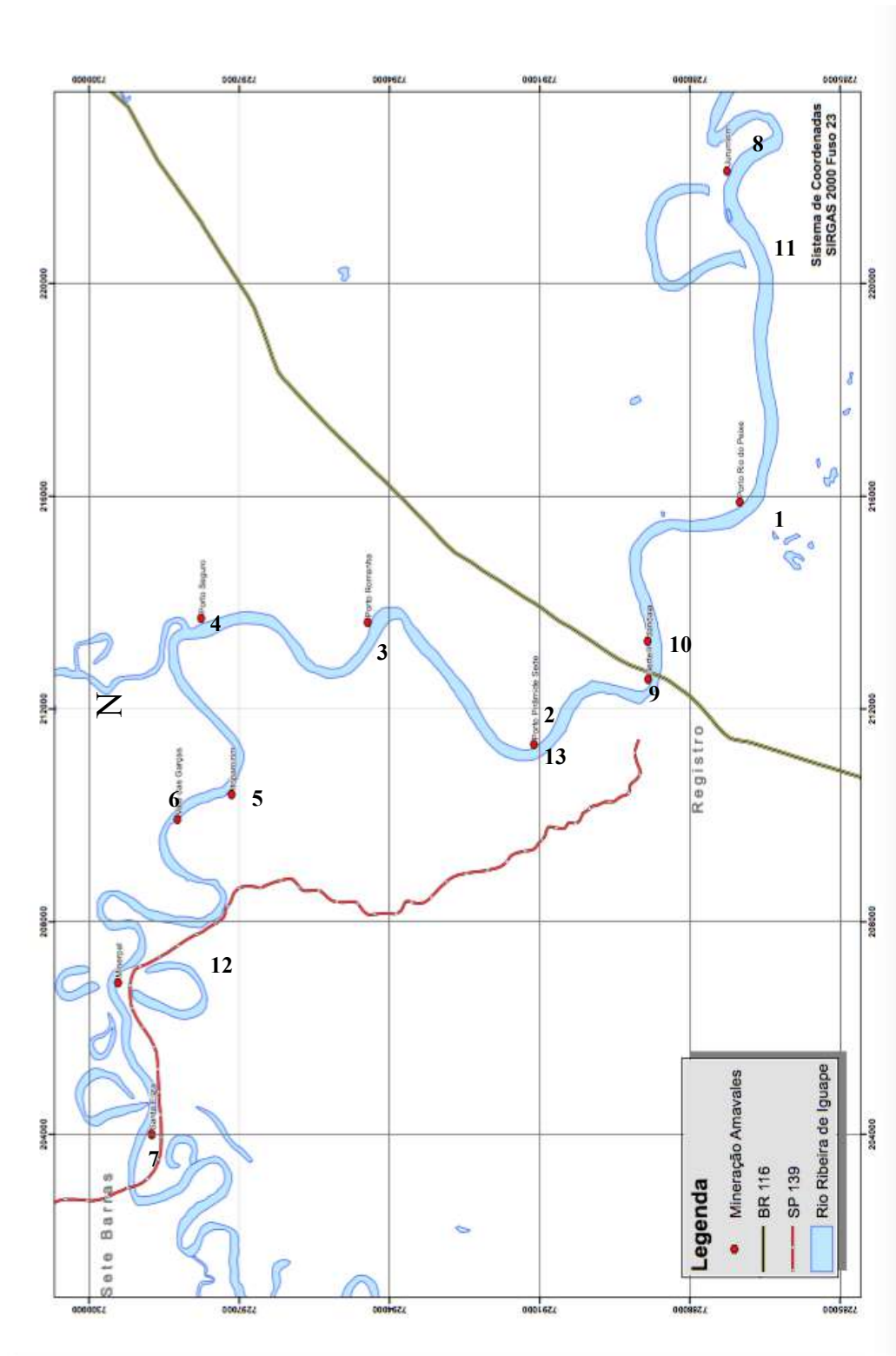


Figura 12. Área do Estudo com Unidades Amostrais indicadas

Fonte: AMAVALES

A Tabela 1 apresenta as empresas selecionadas para a realização desse estudo bem como suas as localizações geográficas expressas na indicação X e Y na tabela:

Tabela 1. Empresas participantes desse estudo e suas localizações

Seq.	Nome do Porto	Município	Empresa	X	Y
1	Porto Rio do Peixe	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	215894	7286996
2	Porto Pirâmide Sede	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	211336	7291100
3	Porto Romanha	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	213632	7294423
4	Porto Seguro	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	213710	7297746
5	Itopimirim	Sete Barras	Mineração Rio do Peixe Ltda.	210393	7297139
6	Vale das Garças	Sete Barras	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	209926	7298219
7	Santa Eliza	Sete Barras	Extração de Areia Santa Eliza Ltda.	203998	7298737
8	Jurumirim	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	222122	7287248
9	Bertelli	Registro	Extração de Areia e Pedregulho Bertelli	212563	7288821
10	Jandaia	Registro	Mineração Rio do Peixe Ltda.	213276	7288830
11	-	Registro	Sem atividade e com mata ciliar	213680	7297722
12	-	Registro	Sem atividade e sem mata ciliar	222167	7287287
13	-	Registro	Mata ciliar ocupada com produção de banana	213624	7294452

Fonte: Popak (2014)

Ramalho (1974) definiu quatro compartimentos que basicamente, constituem o relevo da área de estudo: a) planícies aluviais; b) baixo nível de colinas com altitudes até 60 metros; c) morros e colinas, nível inferior, com altitudes entre 60 e 100 metros; d) espigões e morros do nível intermediário, com altitudes entre 100 e 300 metros. As planícies aluviais estão associadas às formações fluviais e fluvio-marinho-lacustres, do período quaternário (Holoceno). O baixo nível de colinas, com altitudes até 60 metros, aparece na baixada litorânea e está associado a formação Pariquera-Açu. Os morros e colinas do nível inferior (altitudes entre 60 e 100 metros) e os espigões e morros do nível intermediário (altitudes entre 100 e 300 metros), compõem a região denominada "pré-serrana".

A vegetação existente na região é classificada como floresta latifoliada tropical perenifólia. Desenvolve-se das partes altas da serra até as encostas e parte da baixada, alcançando o litoral através dos espigões da Serra de Paranapiacaba. O seu desenvolvimento está ligado ao clima, isto é, relacionado à intensa umidade da área. Outra formação vegetal comum na área é a higrófila, ou vegetação de banhado (popularmente chamada de "varjão"), que se desenvolve nas áreas de baixada, saturadas

de água. Com relação ao uso da terra, a floresta encontra-se em boa parte substituída por "capoeiras" (mata secundária), pastagens e cultivos diversos, com destaques para o chá e a banana. Outros cultivos também encontrados são: seringueira, cacau, milho, arroz, frutícolas e olerícolas. Grande parte de floresta em estágio avançado e clímax de regeneração (RAMALHO, 1974).

A região apresenta grande diversidade de ambientes terrestres e aquáticos, envolvendo extensas áreas de relevo serrano, com fortes declividades e várzeas e um setor composto por planícies costeiras e manguezais, com destaque para o complexo estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia. Embora considerada como uma das regiões menos desenvolvidas do Estado de São Paulo e com baixos índices populacionais é a mais rica em recursos naturais e biodiversidade, com extensas áreas com vegetação natural intacta ou pouco modificada pelo homem, das quais grande parte são protegidas por legislação.

O Vale do Ribeira é considerado uma das regiões mais importantes do Estado de São Paulo no que tange a conservação da biodiversidade, pois apresenta o maior índice de vegetação natural remanescente, contendo a maior cobertura de florestas nativas em bom estado de conservação (KRONKA, 2007), e devido a esse fator, apresenta algumas das principais Unidades de Conservação do Estado, em diversas categorias da classificação do SNUC. Sendo assim, qualquer atividade econômica na região acarreta em grandes impactos da biodiversidade local.

A bacia hidrográfica do Vale do Ribeira apresenta características físicas bastante peculiares e diversificadas, tanto em relação às suas características climáticas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas, como em relação aos seus abundantes recursos naturais.

No baixo rio Ribeira de Iguape e especialmente no baixo Juquiá, os portos de areia proliferaram desde os anos 1970 e 1980, e continuam em atividade, abastecendo a construção civil no litoral sul paulista e na Região Metropolitana de São Paulo (ADVR, 2002).

3.2 Os rios da Bacia do Ribeira

Os terrenos drenados pela Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape se estendem por uma superfície aproximada de 25.000 km², dos quais 7,8 mil km² no Estado do Paraná e 17,2 mil km² no Estado de São Paulo. Vale destacar que o rio recebe dois nomes, de acordo com sua localização: Rio Ribeira no trecho a montante e Rio Ribeira de

Iguape no trecho a jusante. Dos contrafortes paranaenses da Serra da Paranapiacaba descem os rios Lajeado e Itapirapuã, afluentes do Alto Ribeira na margem esquerda; na continuação dessa cumeeira do primeiro planalto paranaense até na RMC descem os rios afluentes da margem direita: o Santana e o Açungui paranaense, que são considerados os formadores do Ribeira de Iguape mais o Ponta Grossa, que cruza a cidade de Cerro Azul antes de desaguar no Ribeira; o Ribeirão do Rocha, que drena as águas de uma região cárstica onde se explorou o minério de chumbo, entre Cerro Azul e Adrianópolis, depois o Rio Grande e o São Sebastião (ADVR, 2002). Os principais rios do trecho paulista da dessa bacia hidrográfica são: Açungui, Capivari, Pardo, Turvo, Juquiá, Sõ Lourenço, Jacupiranga, Una da Aldeia e Itariri. Destaque para o Rio Juquiá que tem o seu encontro com o rio Ribeira de Iguape na área de estudo. As Figuras 13 e 14 apresentam trechos do rio Ribeira do Iguapé em portos de areia estudados nessa tese.



Figura 13. Rio Ribeira do Iguape trecho próximo ao Porto Santa Eliza

Fonte: Popak (2015)



Figura 14. Draga de retirada de areia no Rio Ribeira do Iguape (Porto Rio do Peixe)

Fonte: Popak (2015)

3.3 Modelo de valoração ambiental econômica proposto

Conforme apresentado nesse doutoramento (Figuras 4, 5 e 6), a ausência da mata ciliar acarreta no aumento de materiais carregados para o corpo hídrico, causando assim um aumento na quantidade de argila, materiais em suspensão e outros produtos, inclusive agrotóxicos. Com o aumento desses materiais, pode haver um aumento no custo de tratamento da água para consumo e também nas atividades de limpeza da areia que as empresas mineradoras realizam para obter o produto final para a venda, neste caso, areia para construção civil. Deste modo, o modelo de valoração ambiental econômica proposto foi idealizado para valorar o serviço ecossistêmico de produção de areia partindo do princípio de evitar os impactos nos serviços ecossistêmicos e principalmente que esses impactos afetem o custo final da produção de areia. Assim, a solução encontrada foi evitar que haja o aumento de argila e outros materiais no rio por meio da recuperação e proteção das matas ciliares.

Métodos apresentados no item Bases Conceituais desse doutoramento, conforme foi verificado, o mais indicado para este tipo de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos é o método de Fator de Produção.

O método de Fator de Produção foi descrito por Ortiz (2003) como o método onde haja a necessidade de valorar os serviços ecossistêmicos utilizados como insumos para determinado produto. Ou seja, quando essa variável sofre um aumento de custo, como consequência haverá aumento no custo de produção do produto final. Motta (1997) apresentou como uso dessa metodologia a valoração da degradação da qualidade da água afetando o preço final da aquicultura, a degradação da qualidade do solo, que aumenta o custo no valor da produção agrícola.

O modelo de valoração ambiental econômica proposto nesse doutoramento atua sob duas frentes de análises: a) valoração dos serviços ecossistêmicos afetados diretamente por meio de valor de mercado; e b) análise dos impactos nos serviços ecossistêmicos afetados pela atividade.

A necessidade de analisar os impactos nos serviços ecossistêmicos devido a extração de areia se faz necessário para propor localizações e máquinas onde haja menor impacto ao meio ambiente. Premissa da economia ecológica, linha seguida nesse doutoramento. Esse tipo de análise foi denominada por Popak (2013) de Valoração Ambiental em Escala de Importância, quando não há valoração financeira.

3.3.1 Checklist dos serviços ecossistêmicos

Para a realização desse estudo foram selecionadas 10 (dez) áreas de extração de areia do rio Ribeira de Iguape com a presença de mata ciliar, 1 (uma) área da mesma região mas sem a atividades de extração de areia e com a presença de mata ciliar, 1 (uma) área da mesma região mas sem a atividades de extração de areia e sem a presença de mata ciliar e 1 (uma) área da mesma região mas sem a atividades de extração de areia e com a presença de produção de banana.

Foram identificados e selecionados os serviços ecossistêmicos diretamente afetados pelas atividades de extração de areia por meio de pesquisas em campo e levantamento bibliográfico. Foi utilizada a tabela criada por Popak (2012) para definir a perda ou não de determinado serviço ecossistêmico (Tabela 2). A perda parcial ou total do serviço ecossistêmico será valorado em grau de importância.

Tabela 2. Checklist dos serviços ecossistêmicos em área com mata ciliar e sem atividade de mineração (área base).

Fornecimento de alimentos	X	Lazer	X
Fornecimento de água doce	X	Conservação do solo	X
Dispersão e polinização por fauna	X	Sequestro de Carbono	X
Regulação da qualidade do ar / Microclima	X	Banco genético	X

Fonte: Popak (2013)

Para esse checklist foram identificados os serviços ecossistêmicos presentes na área com mata ciliar e sem atividade econômica (UA 11 informada na Tabela 1). Segue abaixo as relações entre os serviços ecossistêmicos e a atividade de extração de areia:

- 1- Fornecimento de alimentos.** Esse serviço ecossistêmico não está diretamente ligado a produção de areia, porém é um dos principais serviços ecossistêmicos ofertados pela mata ciliar. Quando a mata ciliar está bem conservada, há uma variedade grande de frutos e sementes. Sem a mata ciliar, há uma redução da oferta de alimentos naturais;
- 2- Fornecimento de água doce.** Esse serviço ecossistêmico está relacionado diretamente com a atividade de extração de areia. Sua presença está condicionada ao correto funcionamento da mineradora. Se houver extração ilegal ou irregular poderá acarretar na redução da disponibilidade de água doce para consumo ou ao maior custo para tratamento, devido ao aumento da quantidade de argila no corpo d'água assim como uso indevido de máquinas e produtos químicos;
- 3- Dispersão e polinização por fauna.** Este serviço ecossistêmico está diretamente ligado a presença de mata ciliar conservada. Se houver a redução da mata ciliar haverá a redução na oferta deste serviço ecossistêmico, acarretando também na redução do oferta de alimentos ou aumento no custo de produção. Este serviço ecossistêmico está indiretamente ligada a atividade de extração de areia, devido ao impacto desta atividade na conservação da mata ciliar quando não há planejamento para manutenção, conservação e recuperação das matas ciliares;
- 4- Regulação da qualidade do ar e Microclima.** Esse serviço ecossistêmico está diretamente ligado a presença de mata ciliar conservada. Se houver a redução da mata ciliar haverá a redução na oferta deste serviço ecossistêmico, acarretando também na

redução do bem estar dos trabalhadores e moradores da região, podendo influenciar na qualidade do trabalho e no aumento do custo de tratamento de saúde. Este serviço ecossistêmico está indiretamente ligado a atividade de extração de areia, devido ao impacto dessa atividade na conservação da mata ciliar quando não há planejamento para manutenção, conservação e recuperação das matas ciliares;

- 5- **Lazer.** Esse serviço ecossistêmico é ofertado pela natureza por meio dos rios da região, está indiretamente afetado pela atividade de extração de areia, pois se ocorrer essa atividade de maneira irregular ou ilegal poderá haver redução da qualidade da água para o lazer da comunidade local;
- 6- **Conservação do solo.** A atividade de extração de areia não está diretamente ligada a conservação do solo, para a região do estudo, devido ao tipo de extração, retirada de areia do leito do rio, mas está diretamente ligada a presença de mata ciliar. Sem a mata ciliar há possibilidade de maior entrada de sedimentos finos (argila principalmente) que pode impactar negativamente na produção de areia tornando mais custoso o processo devido ao aumento no número de lavagem da areia para adequá-la a condições comerciais;
- 7- **Sequestro de carbono.** A atividade de extração de areia não está diretamente ligada a serviço ecossistêmico de sequestro de carbono mas está diretamente ligada a presença de mata ciliar. As árvores da mata ciliar fazem a absorção do CO₂, mitigando a atividade das próprias empresas mineradoras do caso estudado;
- 8- **Banco genético.** Este serviço ecossistêmico está diretamente ligado a presença da mata ciliar, embora não tenha relação com a atividade de extração de areia, esse serviço pode ser impactado pela atividade econômica se houver perda da mata ciliar.

Há outros serviços ecossistêmicos presentes nas diferentes áreas que não foram contemplados neste estudo devido ao escopo da Tese, como por exemplo ciclagem de nutrientes, produtos madeireiros e não madeireiros (além de alimentos) e quantificação dos serviços indiretos como dispersão e polinização. O estudo se ateve aos serviços fundamentais para a atividade de areia e manutenção da mata ciliar com seus benefícios.

3.3.2 Sequestro de carbono

Sequestro de carbono é o termo utilizado para designar o CO₂ (dióxido de

carbono) da atmosfera, que é armazenado na biomassa de todos compartimentos das árvores, algas e solo. O processo para o crescimento e desenvolvimento das árvores é chamado de fotossíntese. Na fase clara (dia) elas absorvem o CO_2 da atmosfera e água do solo, juntamente com os nutrientes, e pelo processo de fotossíntese quebram essas moléculas e armazena o CO_2 na forma de carbono (C). Já na fase escura (noite) as árvores absorvem o O_2 , devolvendo para a atmosfera o CO_2 . Quando jovens quase todo o CO_2 que absorvem na fase clara, fica armazenado em seus compartimentos (tronco, galhos, folhas e raízes), com o passar dos anos, essa proporção entre o que é absorvido durante o dia e devolvido à noite vai se aproximando a 1 (um), ou seja, se igualando.

Para o cálculo de estimativa de CO_2 é necessário realizar algumas medições em campo e aplicar algumas fórmulas alométricas.

3.3.2.1 Estimativa de biomassa

Como consequência do aumento das emissões de gases de efeito-estufa (GEE) relacionadas principalmente a atividades industriais, queima de combustíveis fósseis e desmatamento, a temperatura da atmosfera terrestre tem aumentado nos últimos anos e pior que isso os grandes eventos naturais como secas, inundações, furacões, etc., vem aumentando de frequência e intensidade. Um dos principais gases de efeito estufa é o dióxido de carbono (CO_2).

As florestas têm um papel fundamental na redução da concentração de CO_2 na atmosfera porque absorvem este gás através da fotossíntese, armazenando carbono na biomassa das plantas, na matéria orgânica e no solo. O carbono, que através da fotossíntese é removido da atmosfera pelas plantas, se acumula em cinco tipos diferentes de reservatórios, também chamados de “sumidouros”: 1) biomassa viva acima do solo; 2) biomassa viva abaixo do solo; 3) biomassa morta; 4) serrapilheira; e 5) solo. Com base no propósito deste estudo, foram escolhidos dois sumidouros: biomassa viva acima do solo (correspondendo aos caules das árvores) e biomassa viva abaixo do solo (correspondendo às raízes). A escolha apoia-se na percepção de que estes são os sumidouros que passam por transformações mais substanciais nos estoques de carbono diante de alterações no uso do solo. As Figuras 15 e 16 apresentam de modo ilustrativo o cenário encontrado nas matas ciliares das empresas associadas a AMAVALES.



Figura 15. Imagem representativa da mata ciliar estudada (Porto santa Eliza)

Fonte: Popak (2014)



Figura 16. Imagem representativa da mata ciliar estudada (Porto Santa Eliza)

Fonte: Popak (2014)

3.3.2.2 Estimativas com base em amostragem

A floresta é constituída por populações de milhares de plantas de diversas espécies, sendo que cada uma possui uma capacidade específica de remoção de CO₂ da atmosfera e de acúmulo de carbono em biomassa. Portanto, as estimativas de carbono em biomassa florestal realizadas no inventário de biomassa deste estudo se basearam na utilização de técnicas de amostragem seguidas de análises de dados e aplicações de equações e modelos alométricos.

Neste inventário de biomassa foram utilizados procedimentos estatísticos para se assegurar de que o esforço de amostragem e de coletas de dados no campo ficasse compatível com um nível aceitável de erro amostral (definido mais adiante), que foi de 10%, com 95% de significância.

A amostragem pode ser “aleatória” ou “não aleatória”. Na amostragem aleatória as unidades amostrais são escolhidas por mecanismos de sorteio, e cada unidade amostral possui a mesma probabilidade de ser selecionada. Na amostragem não aleatória, a seleção se dá por características conhecidas e de interesse do estudo.

Neste inventário foi utilizada a amostragem aleatória, pois foram escolhidas unidades amostrais a cada 10 metros lineares de mata ciliar, independentemente se havia ou não APP ou se era ou não área de mineração.

3.3.2.3 Métodos de coleta de dados

Existem diversos métodos de coleta de dados de vegetação para inventários florestais e estimativas de carbono. Considerando-se que cada método possui um conjunto de vantagens e de limitações, cabe ao pesquisador fazer a escolha do método que julgar mais apropriado para as condições locais e o objetivo do estudo. Para este inventário foi definido o método de amostragem por parcela.

3.3.2.4 Amostragem por Parcelas

Esta metodologia é amplamente utilizada para levantamentos florísticos, inventários florestais, estudos fitossociológicos e monitoramento de florestas. Essa foi empregada nessa Tese e é baseada na delimitação de áreas de amostragem, chamadas de “parcelas”. Dentro de cada parcela de amostragem são medidos os diâmetros dos caules das árvores a 1,30m de altura do solo (também chamados de “DAP” ou “diâmetro à altura do peito”). Como critério de inclusão na amostragem foram consideradas todas as árvores

dentro das parcelas que possuíam um DAP mínimo de 10cm (Figura 17). Para os dados coletados através desse método foram selecionadas 8 (oito) parcelas, sendo que cada uma delas foi dividida em 4 (quatro) sub-parcelas, de 10m x 10m. As unidades amostrais estão informadas na Tabela 3.



Figura 17. Medição de DAP

Fonte: Abreu (2013)

Tabela 3. Localização das unidades amostrais

Nome do Porto	Município	Empresa	X	Y
Porto Rio do Peixe	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	215894	7286996
Porto Pirâmide Sede	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	211336	7291100
Porto Seguro	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	213710	7297746
Jurumirim	Registro	Pirâmide Extração e Comércio de Areia	222122	7287248
Jandaia	Registro	Mineração Rio do Peixe Ltda.	213276	7288830

Fonte: Popak (2014)

3.3.2.5 Erro amostral

A utilização de uma amostra implica na aceitação de uma margem de erro, ou erro amostral, que corresponde à diferença entre a estimativa a partir da amostra e o verdadeiro resultado populacional. Não se pode evitar a ocorrência do erro amostral, porém é possível limitar seu valor através da escolha de uma amostra de tamanho adequado. Para este estudo, utilizou-se um índice de confiança de 95 % com margem de erro de amostragem em $\pm 10\%$.

3.3.2.6 Equações de biomassa

Na literatura científica são encontrados diversos modelos ou equações que foram desenvolvidos para estimativas de biomassa florestal e estoque de carbono a partir de dados sobre diâmetros das árvores (DAP). Cada equação se aplica a um conjunto de condições específicas, como tipo de floresta, clima, região de ocorrência e pluviosidade.

Para o cálculo de biomassa viva acima do solo este estudo utilizou a equação atualizada de Brown (1997), expressa por:

$$B = \text{EXP}(-2,289+2,649*(\ln(\text{DAP}))-0,021*(\ln(\text{DAP}))^2)$$

Em que:

B = biomassa (kg)

exp = exponencial

ln = logaritmo neperiano

DAP = diâmetro na altura do peito (m)

Esta equação é recomendada para florestas tropicais em locais com pluviosidade variando entre 1.500mm e 4.000mm por ano. Para biomassa viva abaixo do solo (raízes) foi utilizada a fórmula proposta por Pearson et al (2005), para florestas tropicais, publicada no “*Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects*”. A equação é expressa por:

$$\text{BBD} = \text{exp} (-1.0587 + 0.8836 \times \ln \text{ABD})$$

Onde:

BBD = biomassa viva abaixo do solo

exp = exponencial

ln = logarítmico neperiano

ABD = biomassa viva acima do solo

Assume-se que: 1) os estoques de carbono correspondem a 50% dos valores das estimativas de biomassa; e 2) uma tonelada de carbono corresponde a 3,67 toneladas de CO₂. Portanto, para determinar a quantidade de remoção de CO₂ da atmosfera a partir das estimativas de biomassa, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$R = B * 0,5 * 3,67$$

Em que:

R = quantidade de CO₂ removida

B = biomassa estimada

3.3.3 Valoração da água

A presença de água potável para o consumo está historicamente ligada a ocupação humana. A crescente redução da qualidade e da quantidade de água para servir as necessidades básicas das populações humanas representa um exemplo claro das limitações do capital natural crítico conforme afirma e defende a economia ecológica.

As limitações dos recursos hídricos está diretamente relacionada a não conservação dos solos e das matas ciliares. Neste sentido, qualquer mecanismo de mercado para valoração e conseqüentemente do pagamento deverá ser realizado com atores na escala de uma bacia hidrográfica. São diferentes atores e com objetivos e desejos conflitantes, distintos e muitas vezes opostos.

3.3.3.1 Os indicadores ambientais para gestão do uso da água

Embora o serviço ambiental “água para consumo” não seja foco deste doutoramento, é necessário incluir esse capítulo pois a atividade de extração e conservação estão diretamente ligadas a qualidade e quantidade de água que pode ser disponibilizada para consumo humano.

A água disponível para consumo humano depende diretamente da conservação das matas ciliares (assoreamento) e da atividade econômica nessas áreas, devido ao uso de agrotóxicos. Sendo assim, identificar e corrigir os fatores degradantes da qualidade e disponibilidade de água em um rio, afeta na qualidade, disponibilidade e custo da extração de areia.

Para valorar o serviço ecossistêmico água, é necessário definir padrões de qualidade e por conseqüente os indicadores. Os indicadores são informações de caráter quantitativo resultantes do cruzamento de pelo menos duas variáveis primárias (informações espaciais, temporais, ambientais, etc.). Como ferramentas de auxílio à decisão, os indicadores são modelos simplificados da realidade com a capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos, de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos e de adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos tomadores de decisão. Não são, portanto, elementos explicativos ou que permitem o acompanhamento dinâmico da realidade. Os indicadores devem ser compreendidos como

informações quantitativas que permitem que um componente ou ação de um sistema seja descrito nos limites do conhecimento atual (UNESCO, 1984).

As estações de tratamento de água, ao produzir água potável, executam diversos processos de tratamento que atuam sobre diferentes parâmetros. O tratamento da água é dividido em fases e exige o controle de dosagem de produtos químicos e acompanhamento dos padrões de qualidade. De acordo com a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, SABESP (2010), este processo segue as seguintes etapas:

- (1) Pré-cloração: o cloro é adicionado assim que a água chega à estação, facilitando a retirada de matéria orgânica e metais.
- (2) Pré-alkalinização: adição de cal ou soda, que servem para ajustar o pH aos valores exigidos nas fases seguintes do tratamento.
- (3) Coagulação: após adicionar sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, é realizada uma agitação violenta da água e as partículas de sujeira ficam eletricamente desestabilizadas e mais fáceis de agregar.
- (4) Floculação: mistura lenta da água para provocar a formação de flocos com as partículas.
- (5) Decantação: a água passa por grandes tanques para separar os flocos de sujeira formados na etapa anterior.
- (6) Filtração: a água atravessa tanques formados por pedras, areia e carvão antracito, responsáveis por reter a sujeira que restou da fase de decantação.
- (7) Pós-alkalinização: correção final do pH da água, para evitar a corrosão ou incrustação das tubulações.
- (8) Desinfecção: última adição de cloro que garante que a água fornecida chegue isenta de bactérias e vírus até a casa do consumidor.
- (9) Fluoretação: adição de flúor à água, que ajuda a prevenir cáries.

Portanto, a valoração ambiental econômica desse serviço ecossistêmico foi realizada analisando o custo de tratamento da água para consumo, baseado nos itens supracitados e o custo para limpeza da areia para venda do produto final.

Constantino e Yamura (2009) em trabalho empírico numa Estação de Tratamento de Água (ETA) no município de Maringá/PR verificaram um aumento de custo devido ao aumento da turbidez da água provocada pelo aumento de argila no corpo hídrico.

Sendo assim, foram analisados duas variáveis e seus indicadores: a) turbidez; e b) sedimentos.

3.3.3.2 Análise da turbidez da água

Nessa tese foram realizadas medidas de turbidez antes e depois da Draga de extração em atividade, afim de verificar se essa ação poderia afetar na qualidade da água. Foi utilizado como instrumento de medição um Disco de Secchi de 50 cm com corda de 10m (Figura 18). Esse equipamento consiste em um disco com diâmetro de 30cm dividido em 4 seções pintados cada seção, uma preta e a outra branca e na corda de manuseio há marcações a cada 10cm para verificar a turbidez da água. O Disco de Secchi é utilizado para medir a turbidez da água pois quanto maior forem os valores medidos em centímetros no cabo fixado ao disco, maior a turbidez e maior a quantidade de argila e materiais em suspensão.

As coletas das amostras foram realizadas nas seguintes distâncias da draga: 50m, 100m, 150m e 200m. O rio foi dividido em 3 seções transversais onde foram realizadas as medições, sendo um no centro do rio e os outros dois pontos em cada lado do rio distantes 10m da margem conforme ilustrada nas Figuras 19, 20, 21 e 22.

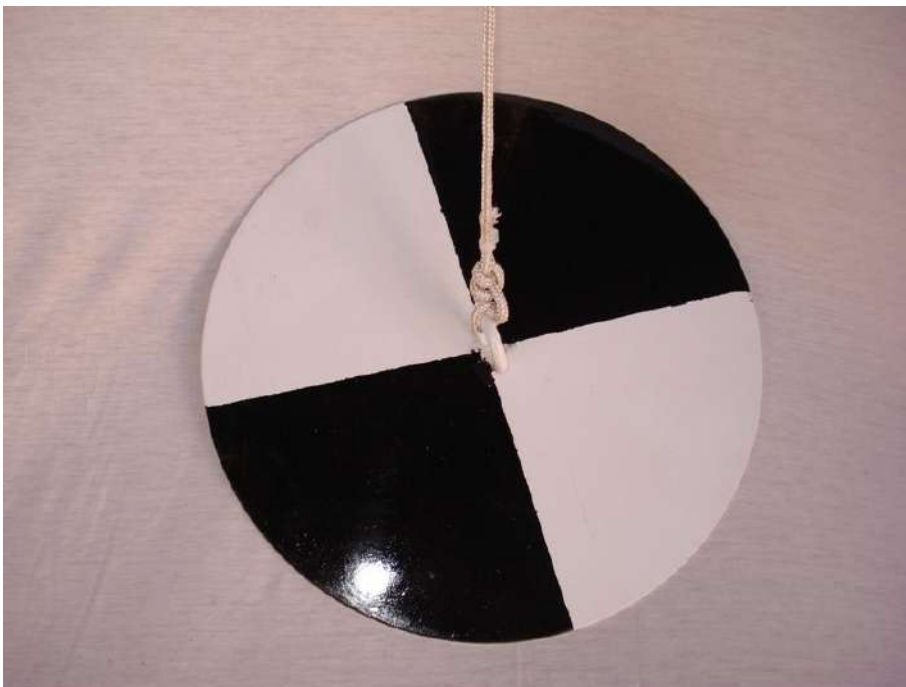


Figura 18. Disco de Secchi

Fonte: Popak (2015)



Figura 19. Amarração da corda com as distâncias marcadas para medição da turbidez a jusante da draga (Porto Seguro)

Fonte: Popak (2015)



Figura 20. Medição de turbidez a 100m a jusante da draga (Porto Seguro)

Fonte: Popak (2015)



Figura 21 Medição de turbidez no Porto Rio do Peixe

Fonte: Popak (2015)

As medidas de turbidez foram realizadas no dia 05/06/2015, ou seja, em pleno período de estiagem. Essas medidas foram obtidas nos portos: Porto Seguro, Rio do Peixe e Jurumirim, além do ponto de captação de abastecimento da SABESP para o município de Registro/SP. Esse último ponto foi utilizado como parâmetro para esse indicador onde se obteve duas medidas, uma a jusante do coletor e outra a montante do coletor.

3.3.3.3 Análise química de sedimentos

Devido ao histórico da região com a extração de outros minérios metálicos e não metálicos e presença de metais potencialmente tóxicos, foram realizadas coletas amostras de sedimentos dispostas como rejeitos de um dos empreendimentos de extração de areia (Figura 23) afim de detectar ou não a presença desses metais potencialmente tóxicos nessas amostras coletadas e devolvidas ao rio após a lavagem do produto principal. As análises foram realizadas no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola de Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo (LCT-POLI).

As concentrações apresentadas foram determinadas por análise química sem

padrões (*standardless*) dos elementos químicos detectados, de flúor a urânio, em espectrômetro por fluorescência de raios X Axios Advanced, marca PANalytical. Perda ao fogo (PF) efetuada a 1.050 °C por 1 hora. Valores expressos em % de óxidos, normalizados a 100%.



Figura 22 Coleta de amostra de rejeito de areias de descarte da lavagem (Porto Seguro).

Fonte: Popak (2015)

As coletas foram realizadas no dia 05/06/2015 nas mineradoras: Porto Seguro, Rio do Peixe e Jurumirim, além de uma mineradora não associada da AMAVALES. Em cada ponto foram coletadas 3 amostras de aproximadamente 200g de sedimento acondicionadas em sacos de polietileno, marcadas com caneta para lousa branca (tipo canetão) e lacradas com fita crepe. No ponto da empresa não associada a AMAVALES foi realizada apenas uma coleta.

3.3.4 Valoração da Areia

O foco deste doutoramento é o serviço ecossistêmico de produção de areia e o método utilizado foi de Fator de Produção, quando o custo do impacto ambiental aumenta o custo de produção e conseqüentemente aumenta o valor do produto.

Para a metodologia do fator de produção, ou mudança de produtividade, utiliza-se dos valores de entrada e saída da cadeia produtiva, ou seja, considera-se todos os custos para a produção de determinado bem, deste modo, internalizando as externalidades. Quando algum dano ambiental aumenta o custo de produção (matérias-primas ou bens ambientais), conseqüentemente afeta o preço da mercadoria na saída, reduzindo a produção ou aumentando as despesas, neste caso valora-se o dano ambiental, essa abordagem envolve a estimação de uma função Dose Resposta, ou seja, o dano ambiental deverá ser reduzido ou eliminado.

O valor de um bem ou recurso ambiental não é observado no mercado através do sistema de preços e sim pelos seus atributos que podem ou não estar associados a um uso. Para este doutoramento será utilizada as definições e fórmula apresentada por Motta (1997), de modo geral o valor econômico de um recurso ambiental (VERA) pode ser decomposto em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU), assim representado:

$$\text{VERA} = \text{VU} + \text{VNU}$$

O valor de uso (VU) é subdividido em valor de uso direto propriamente dito, valor de uso indireto (quando o benefício de seu uso deriva de funções ecossistêmicas) e valor de opção que se refere ao valor que os indivíduos atribuem ao recurso ambiental para uso direto e indireto no futuro.

O valor de não uso (VNU) ou valor de existência (VE) refere-se a um valor que está dissociado do uso dos recursos ambientais independentemente de uma relação com os seres humanos, ou não, mesmo que estes não representem uso atual ou futuro para ninguém

De acordo com os dados levantados e apresentados anteriormente, o principal fator de aumento no custo de extração da areia é a ausência da mata ciliar (ver Figuras 4, 5 e 6), sendo assim, para calcular a valoração econômica deste serviço ecossistêmico foi necessário levantar os custos para a manutenção da mata ciliar. Esse custo contempla todos esforços para a recuperação de áreas desmatadas como preparo do solo, aquisição de insumos, plantio e manutenção até que a área esteja equilibrada e possa se manter sem ação antrópica (Figuras 24, 25 e 26). É necessário incluir nesse item, os custos de manutenção de áreas verdes, onde são realizadas atividades de cortes de cipós e combate a espécies invasoras (flora).



Figura 23 Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim)

Fonte: Popak (2015)



Figura 24 Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim)

Fonte: Popak (2015)



Figura 25 Área com projeto de restauração florestal (Porto Jurumirim)

Fonte: Popak (2015)

Após calculado o valor para recuperar e manter a mata ciliar foi necessário somar a esse custo, o valor obtido na valoração da água e do sequestro de carbono, de acordo com a metodologia apresentada no item anterior.

Deste modo, a fórmula utilizada para a valoração da produção de areia foi:

$$\text{VSE} = ((\text{CC} / \text{m}^3) 6) + \text{VA}$$

Onde:

VSE = Valor do serviço ecossistêmico, expresso em R\$/m³

CC = Custo da conservação

m³ = Metro cúbico de areia comercializada

6 = Anos de manutenção

VA = Valoração da água

3.3.5 Mecanismo de controle e fiscalização financeira

Há basicamente dois mecanismos para a inclusão da externalidade no valor do produto, o chamado Comando e Controle e os Incentivos Econômicos. As ações de Comando e controle são aquelas que partem das autoridades públicas competentes, ou

seja, o governo de um país, determina por Lei o que e como deve ser feita determinada atividade que a sociedade (cidadãos e empresas) deve cumprir de modo obrigatório. Pode ser por meio de proibição de determinada tecnologia ou insumos ou então por meio de limites de emissão de algum poluente, por exemplo. Como ferramenta são utilizados mecanismos de impostos, taxas ou multas. Por exemplo; a taxa de controle de emissão de poluentes de automóveis (atualmente suspenso na cidade de São Paulo); limites de emissão de cargas poluentes em rios e córregos definidos por um órgão público competente, no caso de São Paulo há a CETESB. Os incentivos econômicos são aqueles que visam corrigir as externalidades agindo sobre os custos e benefícios das opções escolhidas pelo consumidor, na tentativa de fazer com que o interesse individual seja igual ou próximo ao interesse da sociedade. Exemplos de incentivos econômicos são: imposto sobre poluição ou degradação, subsídios, permissões transferíveis para emissões, sistemas de depósito em caução e seguros.

O modelo de controle e fiscalização adotou as seguintes premissas:

1 – Isenção ou Redução de Impostos. As empresas que aderirem a essa metodologia terá uma desvantagem comercial com as demais, o valor de seu produto será ligeiramente mais caro que o valor do concorrente. Deste modo, para equilibrar o “jogo” será necessário que o custo de produção da empresa participante seja menor que a não participante. Um modo de equacionar isso seria isentar ou reduzir a empresa participante de determinados impostos, ou oferecer abatimento do mesmo. Assim o valor de mercado da areia ecologicamente correta seria mais próximo do concorrente. Esse princípio já é utilizado em alguns Estados para o pagamento do IPVA (imposto sobre veículos automotores). Automóveis elétricos tem isenção desse imposto, assim como a alíquota dos veículos movidos a etanol é mais baixa que movidos a gasolina.

2 – Fiscalização do Poder Público. Para o correto funcionamento do modelo de controle e fiscalização apresentado, é imprescindível que haja uma correta e eficaz fiscalização do poder público

Para este doutoramento foram apresentados instrumentos para os dois mecanismos citados.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos no uso da planilha de Checklist.

A Tabela 4 apresenta o resultado da valoração não monetária dos serviços ecossistêmicos encontrados. Esses serviços foram valorados na escala de um 1 a 3, conforme descrição abaixo. Sendo 1, quando o serviço não tem relação significativa com a atividade de extração de areia, e 3 quando o serviço é essencial para a atividade em questão:

1 = Nenhuma relação com a produção de areia

2 = Média relação com a produção de areia

3 = Grande relação com a produção de areia

Tabela 4. Valoração não monetária dos serviços ecossistêmicos relacionadas a atividade de extração de areia.

Fornecimento de alimentos	2	Lazer	1
Fornecimento de água doce	3	Conservação do solo	3
Dispersão e polinização por fauna	2	Sequestro de Carbono	3
Regulação da qualidade do ar / Microclima	2	Banco genético	3

Fonte: Popak (2013)

Conforme citado anteriormente, devido ao grande número de serviços ecossistêmicos ofertados pelas matas ciliares, este estudo focou apenas aos serviços que afetam ou são afetados pela atividade de extração de areia.

É possível observar na Tabela 4 uma grande relação entre a presença da mata ciliar e a atividade de extração de areia quando conciliadas. Essa é a finalidade da realização dessa etapa, demonstrar e valorar não monetariamente a conservação da mata ciliar para a melhor gestão da atividade econômica.

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os resultados dos serviços ecossistêmicos valorados não monetariamente nas diferentes ocupações e uso de solo da matas ciliares.

Tabela 5. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas de extração de areia sem mata ciliar conservada.

Fornecimento de alimentos	1	Lazer	2
Fornecimento de água doce	2	Conservação do solo	1
Dispersão e polinização por fauna	1	Sequestro de Carbono	1
Regulação da qualidade do ar / Microclima	1	Banco genético	1

Fonte: Popak (2013)

Na Tabela 5 é possível perceber a perda ou redução de todos os serviços ecossistêmicos em áreas de extração de areia onde não há a presença de mata ciliar constituída.

Tabela 6. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas sem extração de areia e sem mata ciliar conservada (pecuária).

Fornecimento de alimentos	1	Lazer	2
Fornecimento de água doce	2	Conservação do solo	1
Dispersão e polinização por fauna	1	Sequestro de Carbono	1
Regulação da qualidade do ar / Microclima	1	Banco genético	1

Fonte: Popak (2013)

A Tabela 6 apresenta os mesmos resultados negativos quando a mata ciliar é retirada para a realização da pecuária.

Tabela 7. Valoração dos serviços ecossistêmicos encontrados em áreas de bananicultura.

Fornecimento de alimentos	2	Lazer	2
Fornecimento de água doce	2	Conservação do solo	1
Dispersão e polinização por fauna	1	Sequestro de Carbono	2
Regulação da qualidade do ar / Microclima	2	Banco genético	1

Fonte: Popak (2013)

A Tabela 7 apresenta os resultados para a avaliação em áreas de produção de banana. Essa atividade econômica se mostrou bastante prejudicial ao meio ambiente.

É possível aferir que a presença da mata ciliar é de suma importância para a manutenção dos demais serviços ecossistêmicos identificados. Sem a mata ciliar uma forte redução da oferta e qualidade dos demais serviços, como o sequestro de carbono, biodiversidade, ciclagem de nutrientes, entre outros. Afetando também a extração da areia, devido ao aumento de sedimentos no rio, ocasionados pela falta de mata ciliar. Acarretando no aumento do custo de produção da atividade econômica e também do tratamento da água para consumo humano. A Tabela 8 apresenta alternativas para a recuperação ou conservação dos serviços ecossistêmicos selecionados de acordo com o cenário local, utilizando como base Hackbart (2012). As alternativas foram apresentadas considerando o cenário local e as atividades econômicas, podendo ser ou não a extração de areia.

Tabela 8. Medidas mitigatórias para recuperação ou conservação dos serviços ecossistêmicos.

Serviços Ecossistêmicos	Impacto	Manutenção
Conservação do solo	Perda da capacidade de proteção do	Construção de obras de
Regulação da qualidade	Alteração no controle do clima e	Projeto de reflorestamento
Lazer	Impossibilidade ou redução de uso	Construção de um parque
Fornecimento de	Impossibilidade ou redução de uso	Projeto de agrofloresta
Fornecimento de água	Diminuição da qualidade e uso direto	Mecanismos de tratamento
Banco genético	Redução drástica do banco genético	Viveiro conservacionista de
Sequestro de carbono	Liberação de CO ₂	Plantio de mudas e manutenção
Dispersão e polinização	Impossibilidade ou redução	Manutenção da fauna silvestre e

Fonte: Popak (2013)

A utilização da metodologia de checklist apresentada permite obter resultados secundários, ou seja, para realizar a avaliação é necessário efetuar uma rigorosa observação do local de estudo. Deste modo, é possível identificar possibilidades de mudança em locais de implantação, meios de reduzir os impactos e a identificação da biodiversidade local. Isso é possível porque uma das atividades é identificar os impactos

na flora e fauna local, considerando as características ecológicas como endemismo e risco de extinção.

É necessário destacar a grande incidência da espécie *Euterpe edulis* - palmito jussara (Figura 27) que é uma espécie arbórea chave para manutenção do equilíbrio do ecossistema, devido a seus frutos e por estar ameaçada de extinção.



Figura 26 *Euterpe edulis* (palmito jussara)

Fonte: Popak (2014)

Entre dados secundários fornecidos pela AMAVALES e dados primários foi possível registrar 10 espécies da mastofauna silvestre e uma espécie doméstica, são eles: *Tamandua tetradactyla* (Tamanduá mirim) (Figura 28); *Puma concolor* (Onça parda) (Figura 29); *Agouti paca* (Paca) (Figura 30); *Speothos venaticus* (Cachorro vinagre); *Mazama americana* (Veado mateiro); *Didelphis sp.* (Gambá) *Dasypus novemcinctus* (Tatu galinha) *Euphractus sexcinctus* (Tatu peba); *Procyon cancrivorus* (Mão pelada); *Oryzomys subflarus* (Rato do mato); e *Canis familiaris* (Cão doméstico).



Figura 27 *Tamandua tetradactyla* (Tamanduá mirim)

Fonte: AMAVALES



Figura 28 *Puma concolor* (onça parda).

Fonte: AMAVALES



Figura 29 Pegada de *Agouti paca* (paca).

Fonte: AMAVALES

Foram registrados também 31 espécies de avifauna pertencentes a 20 famílias com destaques para: *Amazona brasiliensis* (Papagaio da cara roxa) que está Criticamente em Perigo e o *Tinamus solitarius* (Macuco) (Figura 31) que está Vulnerável, além das espécies: *Ramphocelus bresilius* (tiê sangue) (Figura 32); *Fluvicola nengenta* (Lavadeira mascarada) (Figura 32); e *Sicalis flaveola* (canário da terra) (Figura 34).



Figura 30 *Tinamus solitarius* (macuco).

Fonte: AMAVALES



Figura 31 *Ramphocelus bresilius* (Tiê sangue)

Fonte: Popak (2014)



Figura 32 *Fluvicola nengenta* (maria lavadeira)

Fonte: Popak (2014)



Figura 33 *Sicalis flaveola* (canário da terra)

Fonte: Popak (2014)

Em relação a herpetofauna foram registrados 4 espécies de répteis e 3 espécies de anfíbios, destaques para *Bothrops jaracasussu* (Jaracuçu) e *Caiman latirostris* (Jacaré do papo amarelo) (Figura 35).



Figura 34 Pegada de *Caiman latirostris* (jacaré do papo amarelo)

Fonte:AMAVALES

4.3 Sequestro de carbono

Para cada árvore cujo DAP foi medido nas parcelas obteve-se a estimativa de biomassa viva acima e abaixo do solo, utilizando-se as equações citadas anteriormente (ANEXO 1). E para cada parcela somaram-se as biomassas estimadas de todas as árvores. Os resultados foram então convertidos para biomassa por hectare. A Tabela 9 indica as quantidades de biomassa acima do solo, abaixo do solo e total, em toneladas por hectare.

Tabela 9. Estimativa de CO₂ por hectare – Mata ciliar na região do Vale do Ribeira

Circunf. média (cm)	DAP (cm)	médio	Biomassa média (kg)	Biomassa total kg)	Biomassa hectare (kg)	Tonelada Hectare
45,8	14,59		126,6	7469,62	177848,17	177,84

Fonte: Popak (2015)

O mercado de carbono é talvez o melhor exemplo de valoração de um serviço ecossistêmico. Embora seja limitado e relativamente frágil, devido ao mercado em que foi criado, é possível gratificar um proprietário para manter sua área verde em pé. Mesmo com grandes ressalvas ainda é um bom exemplo de mercado para os serviços ecossistêmicos.

O Mercado de Carbono surgiu a partir da criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC, em inglês), durante a ECO-92, no Rio de Janeiro. Em 1997 em encontro realizado em Quioto, Japão, foi decidido que os países signatários deveriam assumir compromissos mais rígidos para a redução das emissões de gases que agravam o efeito estufa, ficando conhecido como Protocolo de Quioto. Assim, o objetivo central do Protocolo de Quioto passa a ser que os países limitem ou reduzam suas emissões de gases de efeito estufa. Por isso, a redução das emissões passam a ter valor econômico.

Por convenção, uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) corresponde a um crédito de carbono. Este crédito pode ser negociado no mercado internacional. Neste protocolo foi instituído o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), mecanismo que permite projetos de redução de emissões e projetos de sequestro de carbono por meio de reflorestamentos em países em desenvolvimento, que não possua metas de redução de emissões no âmbito do Protocolo de Quioto. Estes projetos podem ser negociados com países que tenham metas de redução de emissões dentro do Protocolo de Quioto. O Protocolo de Quioto, portanto, representa o “Mercado Regulado”.

Existe, por sua vez, um Mercado Voluntário, onde empresas, ONGs, instituições, governos, ou mesmo cidadãos, tomam a iniciativa de reduzir as emissões voluntariamente. Os créditos de carbono podem ser gerados em qualquer lugar do mundo e são auditados por uma entidade independente do sistema das Nações Unidas.

Devido as características de cada mercado supre citado, seus créditos não podem ser negociados entre os mercados e possuem valores diferentes. Deste modo, o serviço ecossistêmico de sequestro de carbono foi valorado financeiramente para os dois mercados, conforme a Tabela 10.

Tabela 10. Valores por Tonelada de carbono equivalente

Mercado	tCO ₂ eq encontrada	R\$ tCO ₂ eq unit	R\$ tCO ₂ eq / ha
Quioto	177,84 / ha	30,07	5.347,64
Voluntário (média)	177,84 / ha	25,00	4.446,00

Fonte: Carbonobrasil (2015)

Os valores encontrados foram convertidos para Real (R\$) em cotação do dia 03/08/2015

4.4 Qualidade da Água

4.4.1 – Análise de turbidez da Água

O estudo mediu a turbidez em três portos de areia e na captação da SABESP conforme apresentado no Capítulo 3 Metodologia. A transparência da água oscilou de 0,45m a 0,70m, com valores bem próximos, inclusive do local de captação da Sabesp onde não há movimentação de dragas.

Os resultados estão apresentados na Tabela 11 e 12 a seguir.

Tabela 11. Dados de turbidez nos portos selecionados

PORTO SEGURO			RIO DO PEIXE			JURUMIRIM		
Frente da Draga			Frente da Draga			Frente da Draga		
100 m	0,6	0,6	100 m	0,7	0,6	100 m	0,55	0,6
T1	0,7	0,65	T1	0,55	0,5	T1	0,5	0,5
T2	0,6	0,6	T2	0,5	0,5	T2	0,45	0,5
T3	0,7	0,7	T3	0,5	0,5	T3	0,5	0,5
			T4	0,6	0,6	T4	0,55	0,55
Atrás da Draga			Atrás da Draga			Atrás da Draga		
50 m	0,6	0,5	50 m	0,5	0,55	50 m	0,5	0,5
100 m	0,6	0,6	100 m	0,6	0,6	100 m	0,6	0,5
T1	0,6	0,7	T1	0,6	0,6	T1	0,6	0,6
T2	0,5	0,55	T2	0,6	0,6	T2	0,6	0,55
T3	0,7	0,6	T3	0,55	0,5	T3	0,6	0,6
150 m	0,6	0,7	150 m	0,4	0,4	150 m	0,6	0,7
200 m	0,6	0,65	200 m	0,6	0,5	200 m	0,6	0,65

Fonte: Popak (2015)

Tabela 12 Dados de turbidez na captação da SABESP para o município de Registro / SP

CAPTAÇÃO SABESP		
Jusante		
100 m	0,5	0,5
Montante		
100 m	0,55	0,5

Fonte: Popak (2015)



Figura 35 Medição de turbidez no ponto de retorno da água ao rio a partir do decantador (Porto Seguro)

Fonte: Popak (2015)

É importante destacar o local de coleta no ponto de retorno da água utilizada para a limpeza da areia após passar pelo decantador . Percebe-se nitidamente que após a saída a água é bem turva, porém naturalmente os materiais se dispersam e retorna o padrão do rio. entretanto, a vida aquática nesse ponto fica totalmente comprometida.

4.4.2 Análise química de Sedimentos

A Tabela 12 apresenta o resultado das análises químicas realizadas nas amostras de sedimentos coletadas em pilhas de descartes no processo de extração de areia.

Tabela 13. Resultado da análise química do sedimento (valores expressos em % de óxidos, normalizados a 100%)

Amostra	AREBIR não associado	Porto 4 A -1	Porto 4 A - 2	Porto 4 A - 3	Porto 1 A -4	Porto 1 A -5	Porto 1 A -6	Porto 8 A -7	Porto 8 A -8	Porto 8 A -9
Na₂O	0,755	0,054	0,736	0,526	0,622	0,591	0,561	0,676	0,72	0,658
MgO	2,02	0,324	0,642	1,04	0,952	1,59	1,06	1,65	1,46	1,62
Al₂O₃	13,5	17,7	9,52	15,5	11,9	14,7	14,3	14,8	12,1	13,5
SiO₂	60,3	49,3	75,8	60,7	69,9	53,2	64	52,6	56,6	54,3
P₂O₅	0,172	0,295	0,116	0,222	0,167	0,375	0,208	0,307	0,346	0,367
SO₃	0,824	2,43	0,1	0,154	0,131	0,302	0,132	0,335	0,357	0,42
Cl	0,01	0,014	0,01	<0,001	0,01	0,008	<0,001	0,009	0,007	0,01
K₂O	3	1,5	2,98	2,85	2,82	2,71	2,86	3,01	2,81	2,95
CaO	0,824	0,064	0,857	0,93	0,995	0,957	0,822	0,949	0,883	0,961
TiO₂	0,844	1,02	0,469	0,799	0,628	0,99	0,799	0,956	0,83	0,888
Cr₂O₃	0,046	0,027	0,067	0,039	0,051	0,038	0,037	0,038	0,051	0,035
MnO	0,205	0,023	0,099	0,185	0,143	0,41	0,174	0,415	0,396	0,412
Fe₂O₃	7,45	2,98	3,49	6,37	4,7	11,2	6,17	10,4	10,1	11,2
NiO	0,008	0,004	<0,001	<0,001	0,008	0,009	<0,001	0,011	0,006	0,009
CuO	0,007	0,006	0,005	0,004	0,007	0,009	0,006	0,006	0,006	0,007
ZnO	0,021	0,006	0,009	0,015	0,012	0,021	0,017	0,028	0,016	0,021
Ga₂O₃	<0,001	0,003	<0,001	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	<0,001
Br	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
Rb₂O	0,015	0,007	0,008	0,012	0,008	0,013	0,011	0,014	0,012	0,011
SrO₂	0,02	0,005	0,029	0,025	0,0028	0,022	0,028	0,027	0,021	0,023
ZrO₂	0,033	0,066	0,033	0,03	0,0029	0,041	0,032	0,03	0,032	0,04
Nb₂O₅	<0,001	0,002	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
BaO	0,12	0,079	0,124	0,137	0,139	0,157	0,147	0,142	0,096	0,104
PbO	0,006	0,007	0,005	0,01	0,006	0,013	0,007	0,011	0,006	<0,001
PF	9,79	24,2	4,93	10,4	6,81	12,6	8,62	13,6	13,2	12,5

Fonte: Popak (2015)

De acordo com os dados encontrados foi verificado concentrações de SO₃, Fe₃O₃, ZnO, BaO e PbO acima dos Parâmetros estabelecidos pela CESTESB, e portanto é necessário uma atenção especial nesses itens devido ao alto potencial de comprometimento a saúde humana.

A valoração do tratamento da água referente ao custo para redução da turbidez é composto dois importantes valores: custo de tratamento da Sabesp; ii) e custo para limpeza da areia para venda do produto final.

A Instituição responsável por esse dado – Sabesp, não forneceu os dados solicitados. Apesar de inúmeras solicitações, a diretoria da Instituição achou por bem não repassar esse custo, embora em reunião tenha comunicado que houve sim um aumento de custo.

O Outro fator que compõe a valoração é o custo de limpeza da areia que as mineradoras realizam para preparar o produto para a venda ao consumidor, nesse caso a construção civil. Foi solicitado a AMAVALES mas não há por parte das empresas esse levantamento, mas há a constatação que aumento no número de lavagens e na quantidade de rejeitos.

4.5 Valoração da Areia

De acordo com os dados apresentados neste doutoramento, a valoração deste serviço ecossistêmico será realizado pelo método de fator de produção, ou seja, será necessário internalizar a externalidade. Sendo assim, o custo da recuperação da margem do rio onde há a extração de areia (externalidade) será incorporado ao valor do produto (internalizar). O impacto econômico do assoreamento pode ser levantado a partir dos custos de recuperação dos recursos naturais ou de mitigação dos impactos sobre estes. Há a necessidade econômica e ecológica de não deixar o impacto ambiental e conseqüentemente redução ou perda dos serviços ecossistêmicos, chegar a esse ponto, portanto, essa tese trabalhou com o cenário de prevenção, ou seja, o custo necessário para não chegar no assoreamento.

Os estudos foram concentrados em locais em que houve atividades de restauração florestal e todas essas áreas pertencem a mineradoras associadas a AMAVALES. Deste modo, os custos apresentados nesse doutoramento foram repassados por esta Instituição. Para restaurar e manter a mata ciliar das propriedades onde há extração de areia são necessários R\$ 1.280.000,00. Sendo que há um grande custo no primeiro ano, no segundo e terceiro ano os custos reduzem em 1/3 aproximadamente, e no quarto e quinto ano são necessários aproximadamente 10% do valor inicial. Se não houver nenhum problema grave como queimada ou inundações, o valor de manutenção nos anos seguintes é aproximadamente 5% do valor inicial, considerando as atividades de educação ambiental. Sendo assim, para efeito de cálculo o período a ser considerado para a manutenção será de 6 anos. São comercializadas 100.000 toneladas de areia pelas empresas associadas a

AMAVALES. O Estudo apresenta a seguinte fórmula para calcular o serviço ecossistêmico de produção de areia pelo método de fator de produção:

$$VSE = (CC / m^3) 6 + VA$$

Onde:

VSE = Valor do serviço ecossistêmico, expresso em R\$/m³

CC = Custo da conservação

m³ = Metro cúbico de areia comercializada

6 = Anos de manutenção

O valor resultante desta equação deverá ser adicionado ao valor ofertado pela empresa antes da valoração do serviço ecossistêmico. Para o caso em questão temos:

$$VSE = (CC / m^3)/6 + VA$$

$$VSE = (1.280.000 / 100.000) 6 + 0$$

$$VSE = 2,15$$

Para esta valoração não foi possível incluir o resultado da valoração da água devido à não disponibilidade dos valores por parte da Sabesp. Deste modo, a tonelada de areia comercializada pelas empresas associadas à AMAVALES deveria ser vendida após a valoração do serviço ecossistêmico com acréscimo de **R\$ 2,15**.

4.6 Mecanismo de Controle e Fiscalização financeira

Este doutoramento apresenta uma ferramenta de Incentivo Econômico, ou seja, a inclusão de um valor adicional ao valor final do produto antes da valoração do serviço ecossistêmico. Com esse novo valor do produto, calculado no item anterior, é necessário que seja garantido que esse valor adicional ao valor de venda seja realmente utilizado para o fim desejável e necessário. E também apresenta uma ferramenta de Comando e Controle, onde o poder público tem autonomia para reduzir o imposto pago pela empresa de determinada atividade econômica ou modelo de produção.

O mecanismo de controle e fiscalização não deve ser apenas para onerar as empresas através de novos tributos ambientais. Mais eficaz que criar novos tributos é a adoção de incentivos fiscais para as empresas que investirem na proteção ao meio ambiente.

O modelo apresentado neste doutoramento mescla duas ferramentas econômicas: Comando e Controle; e Instrumentos de Mercado. E afirma a necessidade de incluir no

valor do produto, o custo encontrado na valoração ambiental do serviço ecossistêmico produção de areia, ou seja, internaliza a externalidade, isso é um instrumento de mercado ou instrumento econômico.

O modelo de mecanismo apresentado nesse doutoramento sugere três alternativas:

- a) a criação de um departamento específico e capacitado na estrutura da Secretaria do Meio Ambiente dos municípios. Assim, a sociedade representada pelo poder público e os consumidores terão garantias que as ações de proteção ao meio ambiente, em especial a recuperação e manutenção das matas ciliares serão realizadas corretamente.
- b) a fiscalização pode ser realizada também pelo Conselho do Comitê de Bacias da região. Com essa iniciativa, o valor adicional da valoração ambiental do serviço ecossistêmica será repassado ao Comitê e esse será responsável pela execução, fiscalização e comunicação das iniciativas. Essas ações já ocorrem pontualmente no Estado de São Paulo, onde os Comitês de Bacias, incluindo o Comitê do Vale do Ribeira, realiza licitações periódicas para restauração florestal da região.
- c) Uma terceira possibilidade apresentada nesse modelo de controle e fiscalização financeira, é a criação de uma associação de empresas para realização das atividades. Esse modelo já é aplicado na região do estudo pela AMAVALES.

4.6.1 Modelo de valoração conceitual aplicado

No caso estudado neste doutoramento apresentado há uma instituição chamada AMAVALES – Associação das Mineradoras do Vale do Ribeira. É uma associação de empresas criada pelas mineradoras com o objetivo de se adequar a legislação ambiental, trabalhista, civil entre outros fatores.

A AMAVALES realiza atividades de educação ambiental com escolas das região e financia e incentiva projetos de restauração florestal na Vale do Ribeira com apoio da FEHIDRO e Comitê de Bacias. Por esse motivo, as matas ciliares situadas no interior das empresas estão mais conservadas que as demais, em especial as margens de áreas de produção de bananas. Isso impacta positivamente na oferta dos serviços ecossistêmicos.

Em meados da década de 90 haviam cerca de 40 empresas mineradoras no Vale do Ribeira, entre pequenas e grandes, legais e ilegais. Em 1997, 25 mineradoras

resolveram criar uma associação para regularizar todas as empresas e normatizar as atividades. Na ocasião o poder público e a sociedade creditavam as mineradoras as más condições das estradas, erosões nas margens dos rios, mortalidade dos peixes e desmatamento das matas ciliares. O primeiro passo foi identificar e corrigir os problemas, como por exemplo a conservação de 25 km de estradas por onde os caminhões percorriam. Com a regularização, foi arrecadado no primeiro ano após a criação da associação R\$ 200.000,00 com o imposto de CFEM (Contribuição Financeira por Exploração Mineral).

Sob seus cuidados estão aproximadamente 50 ha de área total, sendo 1,53 ha de área sem mata onde ficam as instalações comerciais e processos. Até o momento foram restauradas 36,21 ha de mata ciliar, totalizando 58.190 mil mudas nativas, grande parte oriunda da viveiros próprios (Figura 36).



Figura 36 Viveiro de mudas nativas da AMAVALES (Porto Rio do Peixe)

Fonte: Popak (2014)

Quando foi criada a AMAVALES recebia das empresas 3% do faturamento. Esse valor foi utilizado para aquisição de máquinas, caminhões, Dragas, computadores, sistema de comunicação e logística, entre outros gastos. Atualmente as empresas colaboram com 1% de seu faturamento, isso ocorre devido a redução de custos, pois não

há mais necessidade de altos gastos com máquinas, Dragas e caminhões. Porém, quando uma nova empresa ingressa no grupo, a contribuição é de 3% por um determinado tempo.

O valor de venda pelas empresas associadas a AMAVALES é de R\$ 46,00 o m³. As empresas da região que não fazem parte do grupo tem o preço de venda entre R\$ 40,00 e R\$ 43,00 m³. Na região há também a chamada extração artesanal, onde os moradores retiram a areia do fundo do rio sem ajuda de máquinas e vendem esse produto sem nota fiscal ou qualquer etapa da burocracia necessária, nesses casos o valor é de R\$ 37,00 o m³.

É possível perceber uma valoração dos serviços ecossistêmicos, sendo realizadas de maneira empírica e sem critérios por parte das empresas associadas a AMAVALES. Esse doutoramento irá auxiliar esse instrumento de mercado, oferecendo dados concretos e reais para a valoração econômica do serviço ecossistêmico, sem perder a competitividade e as responsabilidades sócio ambientais. Em média são comercializadas 100.000 m³ de areia, multiplicando essa quantidade pelo valor unitário é correto afirmar que são movimentados (faturados) R\$ 4.600.000,00.

Os valores apresentados nesse item foram cedidos pela AMAVALES em documento sigiloso com o objetivo de informar o histórico e ações da instituição.

CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO

É sabido que a ação do homem tem provocado uma série de perturbações no funcionamento dos ecossistemas. Historicamente, o uso das águas em uma bacia hidrográfica nunca foi motivo de preocupação com a conservação dos recursos naturais renováveis para uma exploração sustentável. A ideia era de que os recursos abundantes eram considerados como inesgotáveis e, por isto, o ambiente poderia ser explorado livremente sem nenhuma restrição.

A bacia do rio Ribeira de Iguape segue esse mesmo caminho. O maior problema encontrado é o desmatamento de trechos (longos ou pequenos) da mata ciliar, por vezes substituído por plantação de bananas, contornando o leito do rio. Os cursos de águas de cabeceiras são riachos pequenos e frágeis, onde a cobertura vegetal das margens é de extrema importância, pois evita a erosão dos solos adjacentes, impedindo a sedimentação ou assoreamento do leito do rio.

Segundo o Sumário Mineral/2001, publicado pelo DNPM (2002), a mineração da areia em leitos de rios é responsável por 90% da produção brasileira. No Estado de São Paulo, a relação é de: 45,0% proveniente de várzea, 35,0% de leitos de rios e o restante de outras fontes. Portanto, faz-se necessário à compreensão, em base científica, dos reais impactos, o que justifica a avaliação prévia da compatibilidade do seu desenvolvimento, com a conservação dos recursos naturais, em especial para extração de leito de rios que é o foco desse doutoramento.

Devido a presença das matas os rios estão mais protegidos e assim podem cumprir sua função de oferta de água para consumo, área de lazer e disponibilidade de peixes. Da mesma maneira que potencializa a oferta dos serviços ambientais da própria mata, como oferta de alimentos, proteção a biodiversidade, sequestro de carbono, polinização, etc. Essa afirmação vai ao encontro do proposto nesse doutoramento: manutenção das matas ciliares e os serviços ecossistêmicos presentes, associados com a atividade de extração de areia em leito de rio na região do município de Registro/SP.

5.1 Efetividade da planilha de Checklist de serviços ecossistêmicos

A utilização da planilha de checklist para verificação dos serviços ecossistêmicos e dos impactos gerados pela atividade de extração de areia no local, mostrou-se bastante

positiva para a manutenção dos serviços ecossistêmicos concomitantemente a atividade econômica citada.

A ferramenta possibilitou verificar os serviços ecossistêmicos afetados pela atividade e principalmente propor medidas de mitigação e conservação do meio ambiente. As tabelas resultadas dessa ferramenta são intuitivas e por isso de fácil entendimento. E possibilitaram a elaboração da planilha 8 onde apresenta a identificação de serviços ecossistêmicos afetados pela atividade econômica e as propostas de melhorias ambientais para os locais analisados.

5.2 Valoração do serviço de Sequestro de Carbono

A valoração desse serviço ecossistêmico é talvez o método de valoração ambiental econômica mais conhecido. Esse método é reconhecido no mundo inteiro, com Instituições públicas e particulares conceituadas que habilitam e reconhecem métodos de execução e cálculos para estimativa de biomassa.

Os valores atribuídos ao carbono armazenado é regulamentado pelo mercado privado, possui diversas bolsas de negociações, o que dá mais credibilidade a esse mercado. Porém, como os valores financeiros são tratados como commodities sua variação de valor é muito grande e sensível a fatores externos, como encontros comerciais e técnicos e políticas públicas de países membros.

O resultado da estimativa de biomassa foi relativamente baixo, aproximadamente 177ton/ha devido a idade dos áreas.

O valor encontrado dificilmente poderá ser negociado nos mercados específicos devido ao pequeno tamanho de área, aproximadamente 36 ha. Porém, de acordo com a metodologia de Desmatamento Evitado, aceito por algumas Instituições o proponente, por exemplo a AMAVALES poderá pleitear um projeto contemplando as áreas de restauração florestal e as áreas de matas conservadas que serão protegidas pela Associação. Deste modo, poderá adicionar ao seu faturamento mais uma fonte de renda.

5.3 Valoração da Água

Os efeitos do aumento de turbidez devido a atividades antrópicas afetam a capacidade de penetração da luz no meio e isso pode provocar grandes distúrbios ecológicos nesse ecossistema afetando inclusive a capacidade de fotossíntese das algas.

Os valores médios obtidos nesse doutoramento demonstraram que não há impacto significativo na turbidez que poderia acarretar em consequências danosas ao meio ambiente, incluindo a flora e a fauna.

As Tabelas 11 e 12 apresentam os resultados obtidos nas análises da turbidez na atividade de extração de areia e no ponto de captação da água pela SABESP para consumo no município de Registro / SP. É possível verificar que os valores são bem próximos, principalmente a variação entre pontos no mesmo local de coleta, isso demonstra que o uso da draga para a extração não impacta no aumento da turbidez do rio.

É necessário destacar que há uma ação movida pelo Ministério Público Estadual contra as empresas mineradoras. Os resultados encontrados em campo, mostrando que em relação ao aumento da turbidez essa ação não tem mérito, pois foi comprovado que não há essa relação direta.

De acordo com os resultados encontrados houve um aumento no custo de tratamento da água realizado pela Sabesp para consumo humano. Porém esta Instituição não forneceu os dados para que fosse possível elaborar essa etapa da valoração do serviço produção de areia, de acordo com o modelo proposto no Capítulo 3 – Metodologia.

A outra variável que compõe a valoração da água é o custo para limpeza da areia para venda final. Embora a AMAVALES tenha informado um aumento de rejeitos e um aumento na quantidade de vezes que a areia precisa ser “lavada” o que demonstra um aumento de argila, a Instituição não aferiu o aumento de custo para a extração da areia.

5.4 Valoração da Areia

O método a ser utilizado para a valoração da extração de areia foi definido analisando a cadeia produtiva dessa atividade econômica. Foi percebido que o aumento no valor de uma variável, acarreta em aumento no valor do produto final. E esse aumento deve-se a degradação de um fator essencial na composição do preço final: a mata ciliar.

A retirada da mata ciliar, ocasiona em aumento na quantidade de argila e particulados no rio. Logo, é possível concluir que para não haver aumento no custo da extração de areia e conseqüentemente no produto final, a mata ciliar deve ser mantida. E o custo da manutenção desta mata (externalidade) deverá ser incorporada no mecanismo de precificação do produto areia (internalizar).

5.5 Mecanismo de fiscalização e controle

A teoria econômica lida com os custos e benefícios e representa os benefícios através de uma curva de demanda e os custos através de uma curva de oferta. No caso da extração de areia a demanda de mercado mostra quantas toneladas de areia o mercado está disposto a absorver. A oferta mostra quantas toneladas de areia as empresas estão dispostas a colocar no mercado aos vários preços, refletindo seus custos de produção. Combinando as duas curvas tem-se o equilíbrio de mercado, que mostra o preço e quantidade transacionada.

A resposta é que eles não aparecem na análise de oferta e demanda básicas, nem estão refletidos no equilíbrio de mercado do mundo real, a menos que leis e instituições específicas sejam criadas para aborda-los (externalidades ambientais). A atividade de extração de areia é um causador importante de redução dos serviços ecossistêmicos, ou seja, de externalidades ambientais.

Claramente, a extração de areia incorre em custos não incluídos no preço final. Negligenciar esses custos produz um quadro distorcido da realidade. Para corrigir esse erro é necessário internalizar as externalidades – trazendo esses custos ambientais para dentro da análise de mercado.

O modelo de valoração ambiental e econômica apresentado nesse doutoramento vai ao encontro a classificação apresentada por Cavalcante (2012) que classifica a tributação de acordo com a atividade a ser alcançada por meio de sua adoção, podendo ser: i) função indutora – induz a comportamentos ambientalmente adequados e/ou premia as condutas mais favoráveis (internalização das externalidades positivas); ii) função restauradora - restaura os danos ambientais já ocorridos; e iii) função redistributiva - redistribui os custos ambientais das atividades causadores de danos (internalização das externalidades negativas).

É necessário a atuação forte de uma Instituição para realizar as atividades de conservação ambiental primordiais para a manutenção do serviço ecossistêmico de produção de areia. O modelo de valoração ambiental econômica idealizado nesse doutoramento é parcialmente realizado pela AMAVALES com resultados representativos. Porém é necessário a maior atuação do poder público, tanto pra fiscalizar a instituição executora quanto, e principalmente, para efetivar as ações fiscais e

econômicas apresentadas nessa Tese, em especial na taxaço diferenciada para empresas participantes do modelo de valora o ambiental econômica proposto afim de equalizar a concorrência no livre mercado.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O assoreamento de um rio resulta na perda ou redução da qualidade dos habitats aquáticos, visto que o rio torna-se cada vez mais raso, estreito e sujo. As espécies da fauna e flora que vivem no rio não mais encontram as condições adequadas para sua sobrevivência, contribuindo, assim, para o declínio da biodiversidade do sistema.

Foi observado nesse doutoramento que a ausência da mata ciliar conservada contribui para o aumento do custo da extração de areia, além do custo de tratamento de água para consumo humano por isso é indiscutível a necessidade urgente da manutenção da mata ciliar conservada, e principalmente da restauração florestal deste importante ecossistema.

Com a realização e análise de dados obtidos em campo nesse doutorado foi verificado que os serviços ecossistêmicos existentes em locais de extração de areia onde há mata ciliar são muito mais conservadas que em locais da mesma região sem a atividade, esse fato deve-se a empresa mineradora estar associada a AMAVALES.

Neste doutoramento não foi possível dimensionar o acréscimo de substrato incorporado ao rio sem a mata ciliar devido ao objetivo do estudo, porém esse aspecto é de suma importância e deve ser alvo de pesquisas futuras. É objetivo do autor continuar as pesquisas sobre o impacto econômico e sócio ambiental na remoção das matas ciliares, contabilizando a quantidade do solo incorporado ao rio em relação ao tamanho e características das matas ciliares e a valoração da perda de solo para diversas atividades econômicas, incluindo agricultura e mineração.

Há inúmeras formas de valorar um serviço ecossistêmico, e cada um deve ser utilizado para um grupo de serviços. A escolha do método de valoração depende das características do serviço ecossistêmico e também do mercado (viés econômico) a ser utilizado. Neste doutoramento foi utilizado o método de Fator de Produção, pois foi percebido que a degradação ambiental da região estava encarecendo o produto final – areia.

De acordo com a avaliação realizada, foi identificado que eliminando o fator degradante, nesse caso é o desmatamento das matas ciliares, o custo de produção seria mantido e os serviços ecossistêmicos também, que é o mais importante.

A gestão do recurso gerado deverá ser realizada por todos os atores envolvidos,

obrigatoriamente. São eles: i) o poder público, por meio de secretarias, e ii) sociedade civil organizada, por meio de comitês, associações, universidades, etc envolvendo a comunidade local, empresas e especialistas técnicos. A tomada de decisão deverá ser em conjunto com peso igual entre os atores.

Diante do que foi apresentado nessa tese, conclui-se que:

- 1) em áreas com menor mata ciliar, o escoamento da água superficial, principalmente da chuva, é maior, sendo também nesse caso, maior a turbidez do rio, presença de materiais em suspensão e, conseqüentemente, maior custo para a extração de areia;
- 2) manter a mata ciliar é vantajoso para o empreendedor por respeitar a legislação e também ocasiona um aumento na quantidade de areia que pode ser extraída sem aumento do custo de produção;
- 3) as matas ciliares localizadas no interior das empresas mineradoras estão mais preservadas que as áreas externas;
- 4) A atuação de uma entidade organizada por trás das atividades de recuperação e conservação do meio ambiente de vital importância para o aumento de sua qualidade e quantidade. Sem esse apoio institucional, provavelmente não há resultados positivos;
- 5) a maior causa de degradação ambiental na região, impactando negativamente na oferta dos serviços ecossistêmicos é a produção de bananas. Onde não há nenhuma regulamentação, fiscalização ou preocupação por parte dos produtores;
- 6) o custo para recuperar 1 (um) hectare de mata ciliar é de R\$ 35.350,00 (6 anos);
- 7) o custo para manter 1 (um) hectare de mata ciliar é de R\$ 5.200,00 (6 anos);
- 8) a valoração econômica do serviço ecossistêmico produção de areia utilizando o método de fator de produção resultou no valor adicional de R\$ 2,15 /m³;
- 9) é necessário haver um modelo ecológico de produção e taxação na produção de acordo com os impactos sócio ambientais e uso dos recursos naturais;
- 10) os produtores, o poder público e os consumidores são co-responsáveis pelos impactos ao meio ambiente, assim sendo, todos tem suas parcelas na conservação e recuperação dos serviços ecossistêmicos;
- 11) os resultados encontrados sempre são subvalorados porque os serviços ecossistêmicos secundários não foram contabilizados;

- 12) os serviços ecossistêmicos são de poder público e não dever “pertencer” a uma pessoa ou instituição;
- 13) as decisões devem ser tomadas por todos os atores envolvidos (poder público e sociedade civil) e com peso igual.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As visões antagônicas dos economistas e ecólogos levantam uma questão importante, o meio ambiente (recursos naturais) é parte da economia ou a economia é parte do meio ambiente? É impossível isolar qualquer uma das duas partes, mas fazendo um exercício hipotético, se todos os recursos naturais do mundo acabassem, haveria economia? Haveria capitalismo? E se por outro lado, se fosse eliminado do mundo toda e qualquer forma de dinheiro, de comércio, haveria meio ambiente? Haveria natureza? Essa indagação deixa claro que é necessário saber utilizar os recursos naturais, saber os limites de exploração e produção, saber utilizar o estoque que a natureza fornece. É necessário saber quanto há de estoque natural, sua capacidade de recarga, aqui é necessário incluir a reciclagem, para definir quanto é possível explorar e usar em um ano, em uma década ou em um século. Vale ressaltar que essa metodologia deve ser aplicada também para os serviços ecossistêmicos ofertados pela biodiversidade, como a polinização e a pesca.

É necessário desenvolver ações que permitam a conservação da biodiversidade em uma escala de paisagem e integradas com as atividades sociais e econômicas da região. Para que isto aconteça, é necessário que os ecossistemas naturais e sua biodiversidade passem a serem incorporados no valor da terra e seu uso para fins produtivos.

Os avanços tecnológicos e a mentalidade que a natureza é inesgotável tem gerado ganhos de eficiência e de escala aumentando assim, o consumo dos recursos ambientais e reduzindo-os mundialmente, sem considerar as externalidades. Diversos países utilizam-se de índices de crescimento da economia focados na produção, ou seja, no uso dos recursos naturais. Como principal índice de avaliação utilizam o PIB, Produto Interno Bruto, para justificarem suas crenças no crescimento e na elevação dos padrões de vida. Entretanto, é de conhecimento que o crescimento não produz benesses sociais para a população e em conjunto com o uso irracional dos recursos ambientais suas consequências conhecidas são a concentração de riqueza e a redução de empregos. Crescimento é diferente de desenvolvimento, os países precisam focar no desenvolvimento e principalmente mudar a régua para sua medição. Uma cidade entupida de carros (crescimento) é melhor que uma cidade que (quase) todos utilizam transporte público (desenvolvimento)?

A destruição dos serviços prestados pelo meio ambiente não é refletida hoje nos preços de bens e serviços. O preço de um carro não inclui o custo referente ao aumento da temperatura e problemas de saúde emitidos na produção dos carros e no uso de combustíveis fósseis. O ponto de equilíbrio para a sustentação econômica é que os preços de bens e serviços reflitam a realidade ecológica, é necessário criar um imposto que taxe os malefícios que a sociedade vai sofrer com aquele produto ou serviço. Este imposto será repassado a toda cadeia de produção, nesse momento acréscimo no preço deste bem ou serviço levará a sociedade a refletir e a pensar em um modelo de desenvolvimento que não agrida o meio ambiente.

A economia tradicional ainda não percebeu o importante papel desempenhado pelo meio ambiente e suas diversas funções ecológicas junto à atividade econômica. Essa linha de pensamento não entendeu que o tamanho da Terra é fixo. Nem a superfície nem a massa do planeta crescem. O tamanho total do sistema – a quantidade de água, solo, ar, minerais e outros recursos presentes no planeta em que vivemos – é fixo, se transformam conforme o uso, mas não recebemos nova carga de recursos naturais.

A sustentabilidade defendida pela economia ecológica tem como base a velocidade de uso dos recursos naturais em relação a velocidade que a natureza tem de fornecer esses recursos e absorver os resíduos gerados. Não respeitar essa relação direta é afastar-se da sustentabilidade em caminho a destruição ou redução drástica dos serviços ecossistêmicos, pois se retira mais do que a Terra pode dar em cada período. Há uma relação direta e lógica sobre o crescimento econômico e uso dos recursos naturais. Por serem finitos os recursos do planeta, cada vez que a economia cresce mais, maior é a destruição do patrimônio natural, maior é o estrago ambiental. Baseada nessa informação que os tributos devem ser aplicados, sempre com o objetivo de manter o equilíbrio e a oferta dos serviços ecossistêmicos.

Um ecossistema produz uma variedade enorme de benefícios ao homem e ao equilíbrio de espécies de fauna e flora, quem sustenta a vida na Terra são os ecossistemas, portanto, com o fim desses ambientes e seus serviços (disponibilidade de água potável, regulação do clima, produção de alimentos, biodiversidade, fertilidade do solo, polinização, etc), acarretam em impactos econômicos na produção de absolutamente tudo. Sem sistema ecológico, não há sistema econômico.

Enquanto a economia tradicional (neoclássica) tem na alocação eficiente dos recursos, o seu principal critério econômico, a economia ecológica, apesar de também considerar a alocação importante, considera-o secundário em relação a outros dois pontos centrais na economia: a escala e a distribuição, a economia ecológica aponta para a sustentabilidade, ou seja, a existência de estoque de recursos naturais que sejam capazes de suportar as funções ecossistêmicas, fornecimento de matérias-primas e a capacidade de absorção dos resíduos gerados pelas atividades econômicas ao longo do tempo. O crescimento econômico que ultrapasse esse ponto é ineficiente e prejudicial. Sendo assim, os limites ao crescimento são reais e podem não ser solucionados por meio de inovação tecnológica. O ponto chave dessa linha de pensamento é que há a possibilidade de crescer economicamente, mas há uma linha que não se pode ultrapassar. E essa linha é definida pela quantidade de recursos naturais utilizados, o tempo e o modo que será utilizado, portanto, há a necessidade da criação de uma ferramenta econômica e de comando e controle que tenha como objetivo manter o equilíbrio ambiental dos ecossistemas.

A primeira dificuldade para resolver esse problema é atribuir um valor monetário aos impactos ambientais. Em alguns casos, os danos econômicos podem ser identificáveis: como por exemplo, a erosão, o custo do tratamento de água mas isto exclui os fatores menos tangíveis tais como os danos causados aos ecossistemas e a biodiversidade afetada.

Se as externalidades significativas existem, como considerá-las na cadeia de produção. Internalizar externalidades pode ocorrer de várias formas. Um exemplo seria acrescer ao valor do produto o custo para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, cujo objetivo não é primeiramente aumentar a receita do produtor (embora seja um dos resultados), mas transferir para os compradores deste produto os custos ambientais reais de suas escolhas. Esse foi o modelo de valoração seguido neste doutoramento, o valor encontrado no item anterior será acrescido no valor do produto, conforme já mencionado.

A importância da valoração dos serviços ecossistêmicos está na internalização das externalidades, ou seja, incluir na visão econômica os impactos sociais e ambientais que as atividades acarretam. Demonstrar que ao perder determinado serviço ecossistêmico o custo econômico pode ser (na maioria das vezes é) maior que o produto, bem ou serviço

ofertado.

A escolha de um ou outro método de valoração econômica do meio ambiente depende do objetivo da valoração, das hipóteses consideradas, da disponibilidade de dados e do conhecimento científico a respeito da dinâmica ecológica do objeto em questão.

Como os serviços ecossistêmicos estão intrinsecamente relacionados com as funções ecológicas, não é possível medir ou valorar um serviço isoladamente, porque qualquer alteração em uma função ecológica (e serviços ecológicos) afeta outra função que afeta outra, e assim sucessivamente.

Outro ponto importante é a mercantilização do serviço ecossistêmico, pessoas ou instituições poderão entender que se há um valor, basta pagar esse valor que a degradação ambiental será aceita.

É uma tarefa muito difícil, se não impossível, dar valor monetário a totalidade de bens e serviços que não possuem mercados. Além disso, a possibilidade de decidir aquilo que será preservado e o que será negligenciado é um exemplo de imperialismo econômico contrário a o que prega a economia ecológica.

Os métodos convencionais de valoração não consideram a complexidade e diversidade dos serviços prestados pelo ecossistema, o que invariavelmente subestima os resultados encontrados.

A economia ecológica prioriza analisar as relações de interações entre a estrutura e funções do ecossistema. O conhecimento limitado sobre como essas interações apresenta uma grande dificuldade para analisar e entender as consequências dos impactos das ações humanas sobre esse ecossistema e suas funções.

Os estudos de valoração deveriam ser realizados por uma equipe multidisciplinar, capaz de avaliar a maioria dos impactos – sociais, biológicos, econômicos - causados pela utilização, recuperação, manutenção dos recursos ambientais.

Outro fator de discussão sobre o tema refere-se a quem vai pagar e quem vai receber o valor financeiro movimentado nesse mecanismo. A premissa dessa ferramenta é definir um valor financeiro para que aja entendimento sobre o impacto desse serviço no mercado. Não pode ser aceita a ideia de que o valor definido pode ser pago para que o serviço ecossistêmico seja comprado por alguém ou instituição. O poder econômico (e

político) não tem o direito de ser “dono” de nenhum serviço ecossistêmico, exatamente por esse serviço ser ofertado gratuitamente pela natureza. Deste modo, esta tese defende que os valores encontrados nos estudos de valoração econômica dos serviços ecossistêmicos sejam usados para dimensionar o quanto o mercado financeiro irá perder se esse serviço for perdido. E ainda todo esforço técnico, intelectual e financeiro deverá ser voltado para a manutenção deste serviço, Ou seja, a idéia de destruir e depois repor não pode ser aceita, pois essa atitude irá fazer com que diversos serviços ecossistêmicos secundários e interligados também sejam perdidos.

7.1 Modelo de taxação de produtos e serviços

Pigou (1932), o fundador da teoria moderna do bem estar, alertou para os casos em que existam conflitos entre o interesse público e os interesses privados, para ele a presença dessas externalidades, justificariam a intervenção do Estado. Ele propôs a criação de uma taxa ao emissor da nocividade de forma que o preço do bem seria um somatório de seu valor de venda e a taxa criada. O argumento apresentado nesse doutoramento corrobora essa idéia, porém é necessário garantir que esse valor adicional pago pela sociedade e empresa seja aplicado na manutenção e/ou recuperação do serviço ecossistêmico afetado, conforme modelo de valoração apresentado neste estudo. Para o seu correto funcionamento, ressalta-se a importância da participação ativa de todos os atores envolvidos.

A solução mais simples, porém nem sempre a mais correta, para resolver o problema das externalidades é valorar os serviços ecossistêmicos atrelados a bens e serviços ambientais ou desenvolver processos sociais do tipo poluidor-pagador, o qual permitem avaliar monetariamente o custo da super-exploração de certos recursos naturais ou da poluição. Os métodos adotados devem necessariamente, assumir como regra, conservação, manutenção e/ou recuperação dos serviços afetados.

Muitas das atuais taxas, tarifas, normas e regulamentos que possuem conteúdo ambiental possuem base direta ou indireta em trabalhos de teoria econômica como de Pigou.

A política fiscal, ou seja, a atuação ativa e participativa do poder público, demonstra-se, portanto um excelente instrumento para a internalização das externalidades, na criação de uma nova visão da economia, baseando-se sempre em dados

técnicos fundamentados na teoria da economia ecológica, conforme apresentado neste doutoramento.

Um exemplo do poder desse instrumento pode ser encontrado no Estado do Rio de Janeiro, onde uma lei concede descontos no IPVA (Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores) de 75% para proprietários de veículos movidos a GNV (Gás Natural Veicular), a redução desse imposto tem como fundo permitir ao proprietário a redução no custo da conversão do combustível de seu veículo. O GNV é considerado um combustível mais limpo do que a gasolina, e o custo da destruição de serviços fornecidos pelo meio ambiente seria muito menor, refletindo no aumento do bem estar da sociedade devido à redução dos impactos causados pelo uso da gasolina com um potencial maior no agravamento no processo de mudanças climáticas.

Algumas iniciativas por parte de empresas resultam na criação de valor ambiental e não em destruição de valor, são os chamados selos ambientais. Produtos que reduzem seus impactos ambientais negativos informam aos demais atores o que fazem por meio de selos de qualidade ambiental. Informam sobre mudanças no processo produtivo, preservação de áreas naturais entre outras iniciativas, com isso há um aumento no valor do bem ou serviço. Exatamente como o modelo de valoração ambiental econômica proposto neste doutoramento.

No Brasil, nos últimos anos, foi percebido que a utilização dos instrumentos de comando e controle, de forma isolada, é insuficiente para assegurar os resultados esperados das políticas ambientais. A legislação ambiental brasileira é considerada entre os especialistas como uma das mais rigorosas do mundo, mas na prática não é aplicada. O maior exemplo é o desrespeito ao código florestal, onde nem mesmo a existência de uma rigorosa legislação de proteção florestal há várias décadas tem evitado o desmatamento, cujos índices ainda são alarmantes, somando-se a isso a frágil estrutura de órgãos ambientais nas diferentes esferas governamentais (União, Estados e Municípios), não há controle nem fiscalização para conter os graves problemas de poluição do ar, do solo e das águas, aumentando as iniciativas de aplicação de instrumentos econômicos como forma de mitigar o uso predatório dos recursos naturais e fomentar sua proteção e o seu uso sustentável. Há uma necessidade de se articular as políticas ambientais às dimensões econômica e social do processo de desenvolvimento (MAY et al, 2005).

Os instrumentos econômicos têm servido para direcionar a atuação das forças de mercado em sentido favorável à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos naturais, nem sempre com sucessos. Estas iniciativas têm sido uma forma de corrigir as chamadas falhas de mercado, alterando a relação custo/benefício de determinadas atividades econômicas, em função dos impactos ambientais ou socioambientais negativos (MAY et al, 2005).

A medida de riqueza de um país mais aceita é o Produto Interno Bruto, ou seja, a somatória de toda a riqueza produzida por um país. Seja indústria, comércio ou serviços. Mas considera somente o dinheiro movimentado, desconsiderando o mais importante que são os recursos naturais ou os serviços ecossistêmicos para realização de tais atividades. Se um país produz automóveis, todos os valores financeiros da cadeia produtiva são considerados, porém as externalidades não entram nessa contabilização. Assim, os impactos ambientais e sociais ocasionados devido a alguma atividades econômica estão fora deste valor. Assim como o estoque do recurso natural utilizado (serviço ecossistêmico). Se um país produz chapa de ferro para a produção do automóvel é porque há o recurso natural para isso, mas e quando acabar esse recurso natural? Como serão produzidas as riquezas? Deste modo, é necessário contabilizar nos indicadores econômicos as externalidades e os estoques de recursos naturais existentes. Assim, obrigatoriamente o desenvolvimento seria sustentável. Se um país acabar com o seu estoque de um determinado recurso natural, esse valor seria abatido do valor do indicador econômico, no caso o PIB. Desse modo seria obrigatório haver um planejamento por parte dos governos de como e onde usar seus estoques de capital natural (serviços ecossistêmicos), criando condições para o desenvolvimento sustentável. Utilizando outro exemplo: aumentar a produção de carne bovina, aumentando os pastos por meio de desmatamento seria negativo para o cálculo do indicador econômico, porque estaria diminuindo o estoque de recurso natural e os serviços ecossistêmicos associados. Assim, os serviços ecossistêmicos seriam contabilizados nesse indicador econômico. Um país desenvolvido seria aquele que consegue equilibrar a produção de riquezas e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, ou seja, desenvolvimento sustentável.

Este doutoramento sugere que os impostos sejam baseados na utilização dos recursos naturais e manutenção dos serviços ecossistêmicos. Se um produto ou serviço

for prejudicial ao meio ambiente e a sociedade, considerando as externalidades, ele deve ser altamente taxado. O exemplo mais simples é o combustível para veículos automotores. O óleo diesel deve ter o imposto maior que o etanol. Alimentos orgânicos devem ter os impostos mais baixos que os alimentos que utilizem agrotóxicos. Produtos que utilizem material reciclado deve ter imposto menor que produtos similares que produzem com matéria prima virgem.

Outro ponto defendido nesse doutoramento é o uso racional dos recursos naturais (logo, dos serviços ecossistêmicos). Alguns recursos naturais são essenciais ao ser humano, e seu uso não pode ser negado. É o caso da água. Todos têm direito de beber água, tomar banho, usar para cozinhar, etc. Mas seu uso deve ser racional, assim, seu desperdício deve ser evitado. O poder público pode e deve agir nesse sentido, primeiro com educação ambiental e com cobrança de imposto efetivo. De acordo com a ONU uma pessoa deve consumir 110 L de água por dia, para todas as suas necessidades. Assim, esse doutoramento defende que uma família com 4 pessoas, tenha o consumo de 440 L de água com baixo valor de imposto, passando dessa quantidade a taxa de consumo deve ser mais alta, bem mais alta. Assim, a sociedade terá seu direito a água exercido, e será penalizado caso houver desperdício.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Agregados e Terminologias**. Rio de Janeiro, 1987

ADVR - Agência de Desenvolvimento da Mesorregião Vale do Ribeira/Guaraqueçaba. **Impasses e desafios da Mesorregião Vale do Ribeira / Guaraqueçaba**. Curitiba, 2002

AMAVALES. Associação das mineradoras do Vale do Ribeira. **Relatório Técnico Ambiental CONFIDENCIAL**, 2014

AMAZONAS, M.C. **Análise econômico-ambiental no espaço da orla marítima**. In: BRASIL, MMA-SQA e MPOG-SPU. (Org.). Projeto Orla - Subsídios para um Projeto de Gestão. 1 ed. Brasília: 2004.

ANDERSEN, L.E. **A cost-benefit analysis of deforestation in the Brazilian Amazon**. Rio de Janeiro: IPEA, 1997.

AZEVEDO, L. G. de. **Valoração da areia extraída dos leitos de rios e utilizada no processo produtivo da indústria da construção civil** (Tese de Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, 121 fl. 2010.

BITTAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 22p, 1997.

BRINVESTING. **Créditos carbono futuros**. Disponível em <http://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>. Acesso em 03 ago. 2015.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). 1967.

BRASIL. **Decreto nº 62.934 de 02 de Julho de 1968.** Aprova o Regulamento do Código de Mineração. 1968.

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

BRASIL. **Decreto nº 88.351, de 1º de Junho de 1983.** Dispõem sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e dá outras providências. 1983.

BRASIL. CONSTITUIÇÃO BRASILEIRA. **Constituição da República Federativa do Brasil:** Texto constitucional promulgados em 5 de outubro de 1988, com as alterações adotadas pelas os Emendas Constitucionais n 1/92 a 46/2005 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão ns.1 a 6/94 – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2002.

BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF). 1989.

BRASIL. **Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990.** Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências. 1990.

BRASIL. **Decreto nº 99.274, de 6 de junho 1990.** Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.1990.

BRASIL. **Lei nº 9.993 de 24 de Julho de 2000.** Cria o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool - CIMA e dá outras providências. 2000.

BRASIL. **Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996.** Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. 1996.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 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. 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.827 de 27 de Agosto de 1999.** Acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei no 9.314, de 14 de novembro de 1996. 1999.

BRASIL. **Decreto nº 3.358 de 2 de fevereiro de 2000.** Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996". 2000.

BRACER, C.; WAAGE, S.; INBAR, M. **Getting Started: An introductory primer to assessing e developing payments for ecosystem service deals.** Washington, DC: Katoomba Group, 2007. Disponível em: <http://www.katoombagroup.org>. Acesso em: 20 set. 2014.

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer.** FAO Forestry Pa-per, Rome, 55p, 1997.

BROWN, T.C.; BERGSTROM, J.C.; LOOMIS, J.B. **Defining, valuing and providing ecosystem goods and services.** Natural Resources Journal, Albuquerque, p329–376. 2007.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, p472, 1994.

CAVALCANTE, L. D., **Tributação ambiental: por uma remodelação ecológica dos tributos**, Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, p95-208, 2012.

CONSTANTINO, A.F.; YAMAMURA, V.D. **Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Anais. Maringá-PR, p75, 2009.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. São Paulo: Atlas, p56, 2000.

COSTANZA R., DALY, H.E., **Natural capital and sustainable development**. Conservation Biology 6 (1), p37-46. 1992.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R. S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature, v. 387, p. 253-260, 1997.

CÓDIGO DE MINERAÇÃO. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Decreto- Lei/DE10227.htm>. Acesso em 18 junho 2014.

CONAMA. **Resolução nº 001 de 23 de Janeiro de 1986**. Disponível em:<
<http://www.mma.gov.br/conama/>> Acesso em 02 de junho de 2014.

CONAMA. **Resolução nº 237 , de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>> Acesso em 10 de junho de 2014.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-340.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro RJ, ed Bertrand Brasil, p284, 2000.

DAILY, G.C. (Ed.) **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, p392. 1997

DALY, H. **A economia ecológica e o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: AS-PTA, p123, 1991.

DALY, H. E. **Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable**. *Ecological Economics*, v. 6, p. 185-193, 1992.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics: principles and applications** Washington, D.C.: Island Press. p88, 2004

DE GROOT, R.S. **Functions of Nature. Evaluation of Nature in environmental planning, management and decision making**. 315p, 1992.

DE GROOT, R.S., VAN DER Perk, J., CHIESURA, A., MARGULIEW, S.,. **Ecological functions and socio-economic values of critical natural capital as a measure for ecological integrity and environmental health**, p191-214, 2000.

DE GROOT, R.S., WILSON, M.A., BOUMANS, R.M.J., **A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services**. *Ecological Economics* 41 (3), p393-408. 2002.

DNPM. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em 17 out. 2013.

_____. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em 22 maio 2013.

_____.Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em 09 jul.2013.

_____.Disponível em: < http://www.dnpm.gov.br/Legisla/Port_266_08.htm > Acesso em 10 ago. 2013.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, p44. 1999.

EDUARDO, A. S.. **A aplicação de mecanismos econômicos para assegurar a reabilitação dos impactos sócio-ambientais causados pela mineração de saibro no município de Ubatuba/SP**. Dissertação para Mestre em Geociências. Campinas,SP., 104fl, p87, 2008.

EKINS, P., S. SIMON, L.; DEUTSCH, C.; FOLKE R.; DE GROOT R.S.. **A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability**. Ecological Economics 44(2-3): p165-185, 2003.

EUROPEAN COMMUNITIES. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade: um relatório preliminar**. Cambridge, Reino Unido. p73. 2008.

FARLEY, J.; GADDIS, E. **Restoring natural capital: An ecological economics assessment**. In: ARONSON, J.; MILTON, S.; BLIGNAUT, J. (Eds.). Restoring Natural Capital: Science, Business, and Practice. Washington, DC: Island Press, Cap. 3, p17-27. 2007.

FARLEY, J., DALY, H.. **Natural capital: the limiting factor. A reply to Aronson, Blignaut, Milton and Clewell**. Ecological Engineering, 28(1), p6-10. 2006.

FEARNSIDE, P.M. **Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia**. Ecological Economics, v. 20, p. 53-70, 1997.

FORNASARI, F.; LEITE, C.A.G.; Azevedo, R.M.B.;. **Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo**. In:

Congr. Bras. Geol. Eng.,4, Belo Horizonte, p168, 984

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard University Press, p60, 1971.

GUEDES, F. SEEHUSEN, S. E. . **Pagamentos por serviços ambientais na mata atlântica: lições aprendidas e desafios**. MMA, Brasília, p275. 2011.

HACKBART, V.C.S. **A conservação de corredores fluviais e suas microbacias hidrográficas garantem a disponibilidade de serviços ecossistêmicos?** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC. Universidade Estadual de Campinas -UNICAMP. Campinas, p140, 2012.

HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, NEVILLE. **Ecosystems and human well-being: current state and trends : findings of the Condition and Trends Working Group**, p247, 2005.

HEAL, G. **Nature and the marketplace: Capturing the value of ecosystem services**. Washington, DC: Island Press, p203, 2000.

HERRMANN, H. **Legislação mineral, ambiental e tributária**. In: TANNÚS, M.B.; CARMO, J. C. C. (Coords.). **Agregados para a Construção Civil no Brasil**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

HAWKEN, P.; LOVINS, A. B.; LOVINS, L. H., **Natural capitalism: creating the Next industrial revolution**. Boston: Little, Brown. p396. 1999.

HORTON,R.K.. **An index-number system for rating water quality**. Journal of Water Pollution Control Federation.,1965

IBRAM. **Mineração e meio ambiente**. 2. ed. Belo Horizonte: Instituto Brasileiro de Mineração, 1987.

_____. Variação do PIB x PIB mineral. Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em: <www.ibram.org.br> Acesso em 23 set. 2014.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS. **Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, p33-106, 2003.

JOHNSON, N.; PERROT-MAITRE, D. **Market-based instruments and watershed management**. Trabalho apresentado no Workshop “Developing Markets for Environmental Services of Forests”, Vancouver, British Columbia, 2000.

KRONKA, F.J.N. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo: regiões administrativas de São José dos Campos (litoral), Baixada Santista e Registro**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente; Imprensa Oficial, p54, 2007.

LEFF, E. **Ecologia y capital: Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable**. Cidade do México: Siglo Veintiuno, p176, 1994.

MAIA, G. A.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. **Valoração de recursos ambientais: metodologia e recomendações**. Texto para Discussão, IE/UNICAMP. N. 116, 2004.

MAIMON, D. **Ensaio sobre economia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: APED (Associação de Pesquisa e Ensaio em Ecologia e Desenvolvimento), p34, 1992.

MANZATTO, C.V. (org.): **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa. p174, 2002

MARTINEZ, E. R. **Residential water demand in the Northwest of Spain.** Environmental and Resource Economics, v. 21, n. 2, p. 161-187, 2002.

MARTINEZ, E. R.; NAUGES C. **Is all domestic water consumption sensitive to price control?** Applied Economics, v. 36, p. 1697-1703, 2004.

MARTINEZ-ALIER, J. **Da economia ecológica ao ecologismo Popular/** Joan Matinez-Alier; tradução de Armando de Melo Lisboa. Blumenau: Editora da FURB, p37, 1994.

MAY, P.H.; AMARAL. C.; MLLIKAN, B.; ASCHER, P. **Instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Brasileira: experiências e visões.** Brasília. MMA, p118, 2005.

MAY, P.H. (org.) **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro, p65. 2010.

MEADOWS, D. (org). **The limits to growth.** Nova York: Universe Books. 1972

MEDEIROS, P. C.; RIBEIRO, M. M. R. **Elasticidade-preço da demanda por água na bacia hidrográfica do rio Paraíba.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8., 2006, Gravatá. Anais. Gravatá, 2006.

MERICO, L.F.K. **Introdução à economia ecológica.** Blumenau: Editora da FURB, p130, 1996.

MINAS GERAIS. **Lei 17.727, de 13 de agosto de 2008.** Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis n°s 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: Meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Ed. da UFSC, p54-72, 2008.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica dos recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, Rio de Janeiro, p45-91, 1997.

MOTTA, R. S. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, p56-78, 1998.

MOTTA, R. S. **Economia ambiental**. Rio de Janeiro: Editora FGV, p76, 2006

MULLAN, K. E KONTOLEON, A.. **Benefits and costs of protecting forest biodiversity: case study evidence**, p40, 2008.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A., ARRUDA, F. S. T. **Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empirismo?** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. 50., 1998, Natal. Anais. Natal: SBPC, p154, 1998.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. **Evaluating economic instruments for environmental policy**. Paris: OECD, 2002.

ORTIZ, R. A. **Valoração econômica ambiental**. In: MAY, P. et al. Economia do meio ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier. p66-112, 2003.

PAGIOLA, S.; ARCENAS, A; PLATAIS, G. **Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America**. World Development, v. 33, no. 2, p. 237–253. 2004.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. **Payment for environmental services: from theory to practice**. Washington, DC: Environmental Department, World Bank, p77, 2007

PEARSON, J.C., LEMONS, D., MCGINNIS, W.. **Modulating hox gene functions during animal body patterning**. Nat. Rev. Genet. V6 p12, 2005.

PEARCE, D. W. **Economic values and the natural world**. Massachusetts: The MIT Press, p49, 1993.

PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1993.

PEIXOTO, M. **Pagamento por serviços ambientais – Aspectos teóricos e proposições legislativas**. Núcleo de estudos e pesquisas do SENADO. Textos para discussão 105. p76, 2011.

PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. Macmillan and Co. London . Quarta Edição. 1932.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p38-56, 2006.

POWELL, I.; WHITE, A. **Conceptual framework – developing markets and market-based instruments for environment services of forests**. Washington, D.C.: Forest Trends, p66, 2001.

POPAK, A. E. SIGOLO, J. B. SILVA, L.C.P. **A avaliação de impactos ambientais no processo de licenciamento ambiental em atividade de extração de areia considerando os serviços ecossistêmicos**. 2a Conferência da REDE de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos, São Paulo, 2012.

POPAK, A. E. SIGOLO, J. B. **Valoração de serviços ecossistêmicos na compensação ambiental decorrente de empreendimentos imobiliários** 1º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto , São Paulo, 2012.

POPAK, A. E. SIGOLO, J. B **Modelo de pagamento por serviços ecossistêmicos na manutenção de fragmentos florestais na construção de condomínios horizontais IV** Congresso Internacional de Pagamento por Serviços Ambientais. São Paulo /SP, 2012.

POPAK, A. E. SIGOLO, J. B. **Valoração dos serviços ecossistêmicos na recuperação de áreas degradadas por atividade de extração de areia**, 17º Simpósio de Geologia do Sudeste Geosudeste 2013. Juiz de Fora/ MG 2013.

POPAK, A. E. **A relação entre o código florestal e os serviços ecossistêmicos nas áreas afetadas pela extração de areia no Vale do Ribeira – segmento Iporanga – Iguapé / SP.** IV Workshop Internacional sobre planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas, Presidente Prudente / SP 2013.

RAMALHO, R. **Mapa geomorfológico.** In: PROJETOSU DELPA. Relatório Final - Geomorfológia. Folha Pariquera-Açu. São Paulo. Cia. de Pesq. de Rec. Min. Escala 1:50.000. (1974).

REES, W.. **Achieving sustainability: Reform or transformation.** Journal of Planning Literature 9:343-361, 1995

REIS, L.V.S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: Caso do manancial do município de Piracicaba.** 2004.

REIS, B. J.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; CATELANI, C. S. **Desenvolvimento de um banco de dados georreferenciados para avaliação de**

atividades minerárias na planície aluvial do rio Paraíba do Sul. Revista Biociências, Taubaté, v.12, n.12, p.34-42, jan./jun. 2006.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. ; PEREIRA, J. S. **Elasticidade-preço da demanda e a cobrança pelo uso da água.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS., Belo Horizonte: ABRH, p35, 1999.

RICKETTS, T. H, DAILY, G. C.. **Economic value of tropical forest to coffee production.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101(34): 12579-12582. 2004.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p58, 2003.

ROEHL, J. W. **Sediment source areas, delivery ratios and influencing morphological factors.** International Association of Hydrological Sciences, Public. 59, p. 202-213, 1962.

ROSA, H.; KANDEL, S.; DIMAS, L. **Compensación por serviços ambientais y comunidades rurales: lecciones de las américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias.** San Salvador. Fundación Prisma, p71, 2003.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Tratamento de Água.** Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna>. Acesso em: 05 de junho de 2015.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental – teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, p25, 2004.

SÃO PAULO. **Constituição Estadual de São Paulo, 1989.** Disponível em: <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/dg280202.nsf/a2dc3f553380ee0f83256cfb005>

01463/46e2576658b1c52903256d63004f305a?OpenDocument> Acessado em 2 de setembro de 2014.

SEVÁ FILHO, A. O., RICK, A. T., MINELLO, C. P... **Parecer independente sobre o licenciamento ambiental do projeto da Hidrelétrica Tijuco Alto, no rio Ribeira de Iguape (Paraná – São Paulo) e sobre seus riscos para o povo e sua região.** São Paulo: ISA, 40-62p, 2007

SILVA, M. A. R. **Econômica dos recursos naturais.** In: MAY, P. et al. Economia do meio ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier. 2003.

SILVA, J. P. S., **Impactos ambientais causados por mineração.** REVISTA ESPAÇO DA SOPHIA - N 08, p54, 2007

TURNER, R. K.; DAILY, G. C. **The ecosystem services framework and natural capital conservation.** Environmental & Resource Economics, v.39, n.1, p.25- 35, 2008.

UNESCO. **Managing and transforming water conflicts,** 1984

VEIGA NETO, F. C. da. **A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil.** Tese (Doutor em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais. p45, 2008.

WALLING, D.E. **The sediment delivery problem.** Journal of Hydrology, 65:209-237, 1983.

WUNDER, S. **Payments for environmental services: Some nuts and bolts.** Jakarta: Center for International Forestry Research, 24 p. 2005.

WUNDER, S. **Pagos por servicios ambientales: principios básicos esenciales**. Bogor (Indonésia) p42, 2006.

YOUNG, C.E.F. **Mecanismos de financiamento para a conservação no Brasil**. 2005. Disponível em:http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/27_Carlos_Eduardo.pdf. Acesso em: 10 mar. 2013.

ANEXO 1 - LISTA DE BIOMASSA POR ARVORES PARA ESTIMATIVA DE CARBONO (SEQUESTRO DE CARBONO)

parcela	Circunf	DAP	biomassa
Porto Rio do Peixe	37,1	11,81528662	61,16451795
Porto Rio do Peixe	87	27,70700637	528,405434
Porto Rio do Peixe	78	24,84076433	400,8509441
Porto Rio do Peixe	36,5	11,62420382	58,69275737
Porto Rio do Peixe	45	14,33121019	99,68073368
Porto Rio do Peixe	41,9	13,34394904	83,21182443
Porto Rio do Peixe	43,1	13,72611465	89,373972
Porto Rio do Peixe	31,2	9,936305732	39,46341721
Porto Rio do Peixe	31,7	10,0955414	41,08312769
Porto Rio do Peixe	57,4	18,28025478	184,514565
Porto Rio do Peixe	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Rio do Peixe	56,2	17,89808917	174,9107268
Porto Rio do Peixe	56,1	17,86624204	174,1243888
Porto Rio do Peixe	59	18,78980892	197,8058609
Porto Rio do Peixe	78,4	24,96815287	406,0721497
Porto Rio do Peixe	57	18,15286624	181,2787721
Porto Rio do Peixe	46,6	14,84076433	108,8929931
Porto Rio do Peixe	31,6	10,06369427	40,7560311
Porto Rio do Peixe	39,5	12,57961783	71,67607545
Porto Rio do Peixe	32,5	10,35031847	43,75709374
Porto Rio do Peixe	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Rio do Peixe	58,2	18,53503185	191,090333
Porto Rio do Peixe	43,2	13,75796178	89,89953501
Porto Rio do Peixe	55,4	17,6433121	168,6798751
Porto Rio do Peixe	56	17,8343949	173,3401924
Porto Rio do Peixe	71,4	22,7388535	320,5088617
Porto Rio do Peixe	32,4	10,31847134	43,41726295
Porto Rio do Peixe	40,8	12,99363057	77,795375
Porto Rio do Peixe	49,1	15,63694268	124,2852932
Porto Rio do Peixe	78	24,84076433	400,8509441
Porto Rio do Peixe	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Rio do Peixe	49,9	15,89171975	129,472623
Porto Rio do Peixe	39,2	12,48407643	70,30679741
Porto Rio do Peixe	71,3	22,70700637	319,3743816
Porto Rio do Peixe	48,2	15,35031847	118,602153
Porto Rio do Peixe	46,3	14,74522293	107,1281175
Porto Rio do Peixe	45,2	14,39490446	100,805402
Porto Rio do Peixe	49	15,60509554	123,6458796
Porto Rio do Peixe	39,5	12,57961783	71,67607545
Porto Rio do Peixe	82	26,11464968	454,9174672
Porto Rio do Peixe	76,2	24,26751592	377,8588892
Porto Pirâmide Sede	31,4	10	40,10657497
Porto Pirâmide Sede	35,2	11,21019108	53,54716772

Porto Pirâmide Sede	36,2	11,52866242	57,4799325
Porto Pirâmide Sede	32	10,1910828	42,07392332
Porto Pirâmide Sede	46	14,64968153	105,3806517
Porto Pirâmide Sede	32	10,1910828	42,07392332
Porto Pirâmide Sede	33,3	10,60509554	46,53368833
Porto Pirâmide Sede	32	10,1910828	42,07392332
Porto Pirâmide Sede	34,1	10,85987261	49,4142428
Porto Pirâmide Sede	45,5	14,49044586	102,5067347
Porto Pirâmide Sede	50	15,92356688	130,1300741
Porto Pirâmide Sede	62,2	19,8089172	226,0857757
Porto Pirâmide Sede	137	43,63057325	1666,811933
Porto Pirâmide Sede	64,6	20,57324841	248,8122947
Porto Pirâmide Sede	71,5	22,77070064	321,6457755
Porto Pirâmide Sede	55,1	17,5477707	166,3784642
Porto Pirâmide Sede	78,4	24,96815287	406,0721497
Porto Pirâmide Sede	70	22,29299363	304,8467766
Porto Pirâmide Sede	57,7	18,37579618	186,9641646
Porto Pirâmide Sede	64	20,38216561	243,007065
Porto Pirâmide Sede	66,4	21,14649682	266,7281218
Porto Pirâmide Sede	77	24,52229299	387,976214
Porto Pirâmide Sede	55,5	17,67515924	169,4512642
Porto Pirâmide Sede	45,4	14,45859873	101,9377102
Porto Pirâmide Sede	71,8	22,86624204	325,0711367
Porto Pirâmide Sede	85,7	27,29299363	508,6570234
Porto Pirâmide Sede	35,6	11,33757962	55,10005862
Porto Pirâmide Sede	50,8	16,17834395	135,4623976
Porto Pirâmide Sede	44,2	14,07643312	95,25809836
Porto Pirâmide Sede	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Pirâmide Sede	42	13,37579618	83,71519067
Porto Pirâmide Sede	31,5	10,03184713	40,43051441
Porto Pirâmide Sede	93	29,61783439	625,5260864
Porto Pirâmide Sede	49,2	15,66878981	124,9267023
Porto Pirâmide Sede	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Pirâmide Sede	55,2	17,57961783	167,1434771
Porto Pirâmide Sede	43,7	13,91719745	92,55536579
Porto Pirâmide Sede	31,5	10,03184713	40,43051441
Porto Pirâmide Sede	32,2	10,25477707	42,74240168
Porto Pirâmide Sede	66	21,01910828	262,6816423
Porto de Seguro	36,9	11,75159236	60,33374347
Porto de Seguro	45,4	14,45859873	101,9377102
Porto de Seguro	41,5	13,21656051	81,21668344
Porto de Seguro	53,4	17,00636943	153,6961349
Porto de Seguro	50,8	16,17834395	135,4623976
Porto de Seguro	38,5	12,2611465	67,17369092
Porto de Seguro	31,8	10,12738854	41,41180683
Porto de Seguro	34,6	11,01910828	51,26796698
Porto de Seguro	38,5	12,2611465	67,17369092
Porto de Seguro	49,7	15,82802548	128,1637569

Porto de Seguro	56,1	17,86624204	174,1243888
Porto de Seguro	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto de Seguro	45,2	14,39490446	100,805402
Porto de Seguro	41,9	13,34394904	83,21182443
Porto de Seguro	34,9	11,11464968	52,40007351
Porto de Seguro	86,4	27,51592357	519,2342531
Porto de Seguro	32,5	10,35031847	43,75709374
Porto de Seguro	32,3	10,2866242	43,07903314
Porto de Seguro	49,7	15,82802548	128,1637569
Porto de Seguro	42,5	13,53503185	86,25962366
Porto de Seguro	35,1	11,17834395	53,16313347
Porto de Seguro	35,3	11,24203822	53,93287485
Porto de Seguro	34,7	11,05095541	51,64367474
Porto de Seguro	43,7	13,91719745	92,55536579
Porto de Seguro	52,3	16,65605096	145,8118563
Porto de Seguro	36,7	11,68789809	59,50982985
Porto de Seguro	51	16,24203822	136,815755
Porto de Seguro	39,2	12,48407643	70,30679741
Porto de Seguro	38,7	12,32484076	68,06005685
Porto de Seguro	32,6	10,38216561	44,09852811
Porto de Seguro	90,3	28,75796178	580,5953781
Porto de Seguro	74	23,56687898	350,8648133
Porto de Seguro	91	28,98089172	592,0498679
Porto de Seguro	34,3	10,92356688	50,15077973
Porto de Seguro	47,7	15,1910828	115,5141176
Porto de Seguro	33,2	10,57324841	46,18095586
Porto de Seguro	39,6	12,61146497	72,13605477
Porto de Seguro	56	17,8343949	173,3401924
Porto de Seguro	42,1	13,40764331	84,22039393
Porto de Seguro	37,5	11,94267516	62,84672821
Porto de Seguro	36,2	11,52866242	57,4799325
Porto de Seguro	31,4	10	40,10657497
Porto de Seguro	35,8	11,40127389	55,88659155
Porto de Seguro	55,6	17,70700637	170,2247828
Porto de Seguro	47,5	15,12738854	114,2926752
Porto de Seguro	41,2	13,12101911	79,73950265
Porto de Seguro	35,1	11,17834395	53,16313347
Porto de Seguro	51,2	16,30573248	138,177257
Porto de Seguro	52,3	16,65605096	145,8118563
Porto de Seguro	33,6	10,70063694	47,60164244
Porto de Seguro	32,5	10,35031847	43,75709374
Porto de Seguro	73,8	23,50318471	348,4706147
Porto de Seguro	32,7	10,41401274	44,44156869
Porto de Seguro	38,2	12,1656051	65,8572928
Porto de Seguro	56,6	18,02547771	178,0775356
Porto de Seguro	55,2	17,57961783	167,1434771
Porto de Seguro	71,4	22,7388535	320,5088617
Porto de Seguro	66,8	21,27388535	270,8120695

Porto de Seguro	36,1	11,49681529	57,07905664
Porto Jurumirim	33,9	10,79617834	48,68428571
Porto Jurumirim	63,1	20,0955414	234,454107
Porto Jurumirim	50,5	16,08280255	133,4475954
Porto Jurumirim	35,7	11,36942675	55,49248237
Porto Jurumirim	63	20,06369427	233,5152006
Porto Jurumirim	38,5	12,2611465	67,17369092
Porto Jurumirim	56,2	17,89808917	174,9107268
Porto Jurumirim	36,7	11,68789809	59,50982985
Porto Jurumirim	46,5	14,8089172	108,3027631
Porto Jurumirim	87,4	27,8343949	534,5735795
Porto Jurumirim	31,4	10	40,10657497
Porto Jurumirim	39,6	12,61146497	72,13605477
Porto Jurumirim	40,7	12,96178344	77,31387153
Porto Jurumirim	52,2	16,62420382	145,1075263
Porto Jurumirim	36,5	11,62420382	58,69275737
Porto Jurumirim	82,1	26,14649682	456,3223638
Porto Jurumirim	33,1	10,54140127	45,82984519
Porto Jurumirim	71,5	22,77070064	321,6457755
Porto Jurumirim	32,7	10,41401274	44,44156869
Porto Jurumirim	31,8	10,12738854	41,41180683
Porto Jurumirim	31,9	10,15923567	41,74207116
Porto Jurumirim	70,6	22,48407643	311,5010104
Porto Jurumirim	33,8	10,76433121	48,3217682
Porto Jurumirim	48,5	15,44585987	120,47867
Porto Jurumirim	35,2	11,21019108	53,54716772
Porto Jurumirim	31,4	10	40,10657497
Porto Jurumirim	49	15,60509554	123,6458796
Porto Jurumirim	42,3	13,47133758	85,23632084
Porto Jurumirim	31,5	10,03184713	40,43051441
Porto Jurumirim	41,7	13,28025478	82,2105938
Porto Jurumirim	46,8	14,9044586	110,0792785
Porto Jurumirim	35,4	11,27388535	54,32025736
Porto Jurumirim	66,4	21,14649682	266,7281218
Porto Jurumirim	57,6	18,34394904	186,1454603
Porto Jurumirim	73,5	23,40764331	344,8978871
Porto Jurumirim	33,1	10,54140127	45,82984519
Porto Jurumirim	41,6	13,24840764	81,71272475
Porto Jurumirim	31,5	10,03184713	40,43051441
Porto Jurumirim	78,1	24,87261146	402,1524156
Porto Jurumirim	93,4	29,74522293	632,3552999
Porto Jurumirim	72,5	23,08917197	333,14916
Porto Jurumirim	37	11,78343949	60,74827187
Porto Jurumirim	55,7	17,7388535	171,0004329
Porto Jurumirim	36,6	11,65605096	59,10043971
Porto Jandaia	50,5	16,08280255	133,4475954
Porto Jandaia	46	14,64968153	105,3806517
Porto Jandaia	38,5	12,2611465	67,17369092

Porto Jandaia	70,2	22,3566879	307,0552022
Porto Jandaia	52,7	16,78343949	148,6498319
Porto Jandaia	74	23,56687898	350,8648133
Porto Jandaia	35	11,14649682	52,78076957
Porto Jandaia	78,6	25,03184713	408,6980894
Porto Jandaia	46,2	14,7133758	106,5436974
Porto Jandaia	44	14,01273885	94,17135893
Porto Jandaia	58,8	18,72611465	196,1138208
Porto Jandaia	45,5	14,49044586	102,5067347
Porto Jandaia	58	18,47133758	189,4333283
Porto Jandaia	33,2	10,57324841	46,18095586
Porto Jandaia	33	10,50955414	45,48035374
Porto Jandaia	46,2	14,7133758	106,5436974
Porto Jandaia	48	15,2866242	117,3610257
Porto Jandaia	35,5	11,30573248	54,70931778
Porto Jandaia	50,2	15,98726115	131,451023
Porto Jandaia	56,7	18,05732484	178,8746121
Porto Jandaia	66,2	21,08280255	264,700206
Porto Jandaia	59	18,78980892	197,8058609
Porto Jandaia	71,2	22,67515924	318,2423332
Porto Jandaia	67,1	21,36942675	273,8996908
Porto Jandaia	35,8	11,40127389	55,88659155
Porto Jandaia	34	10,82802548	49,04844305
Porto Jandaia	67,5	21,49681529	278,0494954
Porto Jandaia	32,6	10,38216561	44,09852811
Porto Jandaia	42,4	13,50318471	85,7470491
Porto Jandaia	34,6	11,01910828	51,26796698
Porto Jandaia	33	10,50955414	45,48035374
Porto Jandaia	49,2	15,66878981	124,9267023
Porto Jandaia	52,5	16,71974522	147,2267088
Porto Jandaia	66	21,01910828	262,6816423
Porto Jandaia	70,8	22,5477707	313,7384221
Porto Jandaia	53,4	17,00636943	153,6961349
Porto Jandaia	87,6	27,89808917	537,6738992
Porto Jandaia	59	18,78980892	197,8058609
Porto Jandaia	43,9	13,98089172	93,63081468
Porto Jandaia	38	12,10191083	64,98843301
Porto Jandaia	45,5	14,49044586	102,5067347
Porto Jandaia	47,8	15,22292994	116,1277855
Porto Jandaia	54	17,19745223	158,102879
Porto Jandaia	46,4	14,77707006	107,714472
Porto Jandaia	31,8	10,12738854	41,41180683
Porto Jandaia	50,7	16,14649682	134,7887678
Porto Jandaia	65	20,70063694	252,7285806
Porto Jandaia	64,2	20,44585987	244,9329352
Porto Jandaia	36,6	11,65605096	59,10043971
Porto Jandaia	40,1	12,77070064	74,46270843
Porto Jandaia	44,8	14,26751592	98,56368711

Porto Jandaia	35	11,14649682	52,78076957
Porto Jandaia	36,2	11,52866242	57,4799325
Porto Jandaia	50,2	15,98726115	131,451023
Porto Jandaia	57	18,15286624	181,2787721