



Diretrizes Empresariais para a Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos

Versão 2.0

Realização:



Parceria:

Por ordem do



da República Federal da Alemanha



Ministério do
Meio Ambiente



INICIATIVAS EMPRESARIAIS GVCS

O Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP) é um espaço aberto de estudo, aprendizado, reflexão, inovação e de produção de conhecimento composto por pessoas de formação multidisciplinar, engajadas e comprometidas, e com genuína vontade de transformar a sociedade. O GVces trabalha no desenvolvimento de estratégias, políticas e ferramentas de gestão públicas e empresariais para a sustentabilidade, nos âmbitos local, nacional e internacional, tendo como norte quatro linhas de atuação: (i) formação; (ii) pesquisa e produção de conhecimento; (iii) articulação e intercâmbio; e (iv) mobilização e comunicação.

Nesse contexto, Plataforma Empresas pelo Clima (EPC), Inovação e Sustentabilidade na Cadeia de Valor (ISCV), Desenvolvimento Local & Grandes Empreendimentos (IDLlocal) e Tendências em Serviços Ecosistêmicos (TeSE) são as **Iniciativas Empresariais** do GVces para cocriação, em rede, de estratégias, ferramentas e propostas de políticas públicas e empresariais em sustentabilidade. São abordadas questões em desenvolvimento local, serviços ecossistêmicos, mudanças do clima e cadeia de valor.

As Iniciativas Empresariais do GVces em 2014:



Elaboração de agendas empresarias em Adaptação às Mudanças Climáticas, com cocriação de um *framework* e uma ferramenta de apoio para sua implementação; operação do Sistema de Comércio de Emissões (SCE EPC), um simulado de mercado de carbono; e atuação junto às Iniciativas Empresariais em Clima (IEC) no contexto de negociações internacionais.



Trabalho conjunto com IDL sobre Inovação em Desenvolvimento Local. Construção de referências e instrumentos para apoiar as empresas na integração de sustentabilidade na gestão e relacionamento com fornecedores.



Trabalho conjunto com ISCV sobre Inovação em Desenvolvimento Local. Aplicação das Diretrizes Empresariais (BSC) de Proteção Integral de Crianças e Adolescentes no contexto de grandes empreendimentos, criadas pela iniciativa em 2013.



Construção de Diretrizes Empresariais para Valoração de Serviços Ecosistêmicos e Relato de Externalidades; aplicação dos métodos nas empresas por meio de projetos piloto e ferramenta de cálculo.

EXPEDIENTE

Realização

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces)

Coordenação Geral

Mario Monzoni

Vice-Coordenação

Paulo Branco

Coordenação Técnica e Executiva

Renato Armelin

Equipe

GVces: Raquel Souza, George Magalhães,
Natália Lutti e Renato Armelin

GIZ: Luciana Mara Alves e Tomas Inhetvin

Consultores GIZ: Philippe Lisbona (Verdesa), Jorge Madeira
Nogueira (UnB), Carlos Eduardo Frickmann Young (UFRJ)
e Wilson Cabral de Souza Junior (ITA)

Parceria



O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da parceria com o Projeto TEEB R-L. O Projeto "TEEB Regional-Local: Conservação da Biodiversidade por meio da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial" é uma realização do Governo Brasileiro, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA),

em conjunto com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), no contexto da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável. O Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza, Construção e Segurança Nuclear (BMUB) da Alemanha apoia, como parte da Iniciativa Internacional de Proteção ao Clima (IKI), a execução do Projeto por meio do apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Projeto Gráfico

TheMediaGroup

EMPRESAS QUE PARTICIPARAM DO GRUPO DE TRABALHO





OURO DE TOLO

Se está cada vez mais claro que as sociedades, seus indivíduos e relações, assim como o modo de produção e consumo que derivam, estão enraizados na biosfera, – e, por premissa, deveriam estar sujeitos às suas leis dos sistemas naturais –, por outro lado a fundamentação da argumentação da tribo sustentabilista na rigidez das leis da Ecologia tem sido pouco efetiva para “virar o jogo” numa conversa entrópica de surdos e mudos.

A “histórica” publicação do artigo “Os novos limites do possível”, do economista André Lara Resende, no *Valor Econômico*, em 2012, é fato relevante para o mundo sustentabilista. A afirmação de que “atingimos o limite físico do planeta”, feita por economista de renome, aceito pelo mundo empresarial e das políticas públicas ao jornal econômico mais influente no mundo dos negócios no Brasil, abre uma janela de esperança para aqueles que, à margem do sistema, trabalham para a “gestação de uma nova abordagem”.

O GVces acredita piamente que o caminho é esse: parte da solução pode ser conseguida mudando a lógica da argumentação, dialogando com o pensamento *mainstream* da sociedade a partir da pouca rigidez – ou imperfeições, se quiserem – das leis da Economia, em particular sobre seu mantra mais sagrado: a demanda agregada. Muitas vezes associada ao próprio capitalismo, a demanda agregada, como enunciado da medição da produção de “riqueza” das nações, tem sobrevivido há milhares de anos mesmo sem que se saiba.

Se quiséssemos, por exemplo, calcular o produto de uma economia de caça e coleta, bastaria somar o consumo (C) das famílias dessa economia em determinado período de tempo e obteríamos seu Produto Interno Bruto – PIB (Y). Ainda sem um sistema de preços, o PIB poderia ser obtido por unidade física, ou quem sabe até calorias. Nesse mundo de vida simples, o PIB dessa economia seria dado pela equação $Y = C$.

Mesmo imaginando uma sofisticação social que permitisse a domesticação de animais e o pastoreio, abrindo mão de consumo presente por consumo futuro na forma de cabras, ovelhas ou vaquinhas, essa sociedade introduziria a prática da poupança (S) e o conceito de investimento (I) para o modelo (vamos assumir, aqui, que a poupança S seja igual ao investimento I), ampliando o cálculo do produto interno para $Y = C + I$, sendo I o investimento adicional no período no estoque de cabras e ovelhas.

Acrescente um pequeno comércio com a comunidade ao lado e teremos nosso produto interno acrescido das exportações "X" e deduzido pelo montante de produto comprado – a importação "M" – dessa comunidade. Nossa equação já cresce para $Y = C + I + (X - M)$.

Não é difícil imaginar que essa sociedade se organize de forma tal que veja a necessidade de criação de instituição superior que garanta o mínimo de segurança e ordem, ou mesmo que exista somente para dar garantia aos contratos, apropriando-se de parte do produto gerado na forma de imposto, para financiar seus gastos mínimos, o "G". "Nasce" o Estado e a nossa fórmula amplia-se para o formato que usamos nos dias de hoje: $Y = C + I + G + (X - M)$.

Até o começo do século XX, acreditava-se que toda produção seria consumida pelo lado direito da equação; em outras palavras, que a oferta gerava a demanda. O excesso de otimismo gerou uma superprodução que, sem demanda suficiente, desaguou em crise de confiança e acabou produzindo a maior crise financeira e depressão econômica do século XX. Lord Keynes e Michael Kalecki, economistas de correntes ideológicas distintas, entram em cena para nos alertar que a dependência estava do outro lado: era a demanda que gerava a oferta. A partir daí, até os dias de hoje, políticas econômicas, que incluem políticas fiscais, monetárias e cambiais, passam a ser ferramentas para que o "Y" siga sua marcha, para cima, e "sustentadamente".

Os dois últimos séculos foram marcados por debates ideológicos sobre modos de produção e o mundo foi à guerra 2 vezes por diferenças de pensamento quanto ao tamanho do "G", do componente público do "I" na equação, e se a produção deveria ser gerada a partir do empreendedorismo público ou privado. Ninguém ousou questionar a fórmula, e a bendita da equação persiste dos tempos mais primitivos das cavernas e do homem coletor e caçador, ao homem do *facebook* e do *twitter*.

E, de fato, é muito difícil imaginar que haverá qualquer sociedade que não consuma, mesmo que somente para sua sobrevivência decente, que não poupe, e que portanto invista, que não troque, e que portanto faça comércio, e na qual o Estado não exista. E se alguém quiser calcular qual é o produto (e somente o produto, muitas vezes apresentado como riqueza ou até servido inadvertidamente como *proxi* do nível de desenvolvimento de uma sociedade) produzido por essa sociedade em um período de tempo, basta somar o consumo de todas as suas famílias, o investimento público e privado em bens de capital, infraestrutura, entre outros fatores, o gasto público em compras e contratações e o seu saldo de comércio.

A partir daí, simplificando a vida do homem na terra em seu modo de produção e consumo, governos, empresas e, por tabela, grande parte da sociedade lançam-se em uma "corrida maluca" para construir estratégias sofisticadas de fazer o "Y" crescer, todo ano, infinitamente, como se isso fosse suficiente para entregar, de fato, desenvolvimento, qualidade de vida para as pessoas e meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

Alto lá: há vida fora da demanda agregada! E a paranoia de tentar maximizá-la está comprometendo a vida lá fora, que é a base de sua própria existência. A ciência da Economia especializou-se em construir antídotos para as disfunções do modelo de transformação de demanda em oferta por meio de um painel de controle keynesiano, que demonstra fadiga de materiais. Como diria André Lara, "a crise de 2008, que insiste em não terminar, pode não ser apenas mais uma crise cíclica das economias modernas, sempre ameaçadas pela insuficiência de demanda. Não há mais como contar com o crescimento da demanda de bens materiais para crescer. O crescimento pode não ser mais a opção de saída para a crise".

Se a macroeconomia NÃO nos ensina que há vida fora da demanda agregada, a microeconomia DESCONSIDERA a relação da demanda agregada com o resto do mundo, denominando-a de “externalidades” e a inclui no rol das “imperfeições do mercado”, reservando a ela o capítulo 18 dos livros-textos.

Partindo de premissas como a racionalidade do agente econômico e rendimentos marginais decrescentes, a economia neoclássica deriva curvas de demanda e pontos de preços de equilíbrio calcadas em curvas de produção derivadas em custos eminentemente privados. Nessa equação, capital natural e seus serviços ecossistêmicos são considerados como bens livres à disposição do mercado, e diversas formas de trabalho degradante, entre outras ilegalidades, são praticadas em nome da competitividade do produto, empresa, indústria; ou, em muitos casos, de uma economia inteira.

Assim, admitindo-se que:

1. a capacidade de externalização em uma economia é maior do que zero; e
2. a capacidade de externalizar não é igual entre os agentes.

Deriva-se o fato que vivemos em um mundo de preços relativos completamente fictícios e irrealis, gerando demanda adicional artificial por produtos que se subsidiam da sociedade e do meio ambiente para concorrerem no mercado, ou seja, que são superproduzidos, com consequente impacto no capital natural, nos seres humanos e em suas relações sociais.

Voltando à macroeconomia, o que podemos esperar, portanto, das decisões de consumo, sejam domésticas (“C”) ou estrangeiras (“X”), de investimento “I” ou de compras e contratações públicas (“G”) em uma economia com preços relativos irrealis?

Quantidades demandadas de produtos e serviços e alocação de capital estão sendo feitas de maneira absolutamente equivocadas, gerando dilapidação do capital natural, aniquilando as condições ambientais do planeta e deteriorando as relações sociais entre humanos. Tudo isso a partir de “decisões racionais dos agentes”, uma verdadeira “tragédia dos comuns”.

Dois caminhos, não excludentes, apontam para um norte diferente: o primeiro, a melhor solução possível, mas com resultados de longo prazo, e uma “segunda melhor solução”, mais pragmática, com possibilidade de benefícios mais rápidos:

1. A construção de uma nova visão de mundo, na qual o homem revise seus valores a partir da percepção de que a Economia, e seus sistemas, é um subconjunto das relações sociais e, em última instância, dos sistemas naturais, e não o contrário.
2. A introdução de externalidades sociais e ambientais no sistema de preços, em escala, seja por meio de regulação ou autorregulação, que contempla, necessariamente, a:
 - 2.1. valoração econômica de serviços ecossistêmicos; e
 - 2.2. a introdução de instrumentos econômicos que alterem a matriz de incentivos dos agentes econômicos de modo a subsidiar decisões de consumo e alocação de investimento com preços relativos não fictícios.

De forma a contribuir para a solução de parte desse desafio, o GVces criou no ano de 2013 a Iniciativa Empresarial Tendências em Serviços Ecossistêmicos (TeSE), cujo objetivo é desenvolver um conjunto de ferramentas de apoio à gestão empresarial para a valoração de suas vulnerabilidades e impactos sobre o capital natural, em especial as externalidades. A valoração econômica das externalidades, por sua vez, é um subsídio valioso para a tomada de decisão sobre como internalizá-las.

Sem deixar de reconhecer a importância de outras dimensões de valor do capital natural, como seu valor intrínseco (valor que independe de utilidade) e seu valor ecológico (valor relacionado à integridade e resiliência de ecossistemas), esta publicação é direcionada à sua dimensão econômica de valor. A partir de um processo de construção conjunta com as 8 empresas cofundadoras da TeSE, chegou-se à primeira versão das *Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos*. A construção conjunta com as empresas é uma característica essencial deste trabalho, pois alia o conhecimento acadêmico, trazido pelo GVces, ao conhecimento da realidade prática da relação dos negócios com o capital natural.

O envolvimento direto das empresas neste trabalho cria um fórum de discussões e de trocas de experiências que instiga o setor empresarial sobre a necessidade de inovações nas estratégias e modelos de negócios em sintonia com os desafios e oportunidades de uma economia sustentável e inclusiva.

Esta publicação representa a segunda versão dessas *Diretrizes*, as quais continuarão sendo aprimoradas e ampliadas nos próximos anos. Para nortear este trabalho, um conjunto de premissas foi proposto:

- 1.** Privilegiar indicadores físicos e métodos de valoração econômica simplificados, de baixo custo e que privilegiem dados disponíveis ou de fácil acesso, favorecendo, assim, o recálculo frequente das estimativas de valor.
- 2.** Ser flexível gerando estimativas de valor que possam ser utilizadas como subsídio para a análise de viabilidade de projetos, para a tomada de decisão de negócios em geral e também como indicadores para avaliação de desempenho.
- 3.** Reconhecer as limitações dos métodos adotados para que a interpretação dos resultados obtidos seja coerente e realista.

Na 1ª versão das *Diretrizes* foram abordados 6 serviços ecossistêmicos: provisão de água, regulação da qualidade da água, assimilação de efluentes, regulação do clima, provisão de biomassa combustível e recreação e turismo; que foram analisados sob 3 perspectivas distintas: as dependências dos negócios da empresa em relação a esses serviços ecossistêmicos, os impactos sofridos pela empresa diante das variações na disponibilidade desses serviços ecossistêmicos e os impactos não compensados das atividades da empresa nesses serviços ecossistêmicos quando afetam outros atores sociais – as externalidades ambientais.

Nesta 2ª versão foram incorporados mais 2 serviços ecossistêmicos: regulação de polinização e regulação de erosão do solo, além da expansão de métodos para provisão de água, incluindo o cálculo da externalidade; e da regulação do clima global, incluindo métodos para desmatamento evitado.

O GVces tem o compromisso de trabalhar junto às empresas-membro da TeSE na ampliação e aprimoramento contínuo desta publicação, de forma que ela se torne uma ferramenta cada vez mais efetiva na geração de informações relevantes para a tomada de decisões de negócios.

Agradecemos, por fim, as 8 empresas cofundadoras da TeSE – Grupo Abril, AES Brasil, Anglo American, Cargill, Córrea Construtora, Grupo Andre Maggi, Ibope Ambiental, Natura e Suzano –, além das novas empresas que se juntaram ao grupo em 2014 – Alcoa, Beraca, BRF, Bunge, CSN, Danone, Duratex, Grupo EcoRodovias, Grupo Centroflora, Madeireira Acre Verde, Raízen, Santander e Walmart, e deixamos aqui o convite para que outras empresas somem esforços conosco para o aprimoramento contínuo desta ferramenta.

MARIO MONZONI

Coordenador Geral
Centro de Estudos em Sustentabilidade
FGV-EAESP



SUMÁRIO

05 OURO DE TOLO

12 GLOSSÁRIO

14 APRESENTAÇÃO

- 14 Qual o propósito dessas diretrizes?
- 14 Para quem estas diretrizes são destinadas?
- 14 Como utilizar essas diretrizes?

15 INTRODUÇÃO

20 PLANEJAMENTO DO ESTUDO

- 20 Plano de Trabalho
 - 20 Objetivo
 - 21 Escopo da Análise
 - 24 Disponibilidade de Dados
 - 24 Equipe
 - 25 Orçamento
 - 25 Cronograma de Atividades

26 MÉTODOS PARA A QUANTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO ECONÔMICA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

- 29 Provisão de Água
 - 29 Dependência
 - 31 Impacto
 - 31 Externalidade
 - 31 Considerações Importantes
- 34 Provisão de Biomassa Combustível
 - 34 Dependência
 - 35 Impacto
 - 35 Externalidades
 - 36 Considerações Importantes

- 38 Regulação da Qualidade da Água
 - 38 Dependência
 - 40 Impacto
 - 41 Externalidades
 - 41 Considerações Importantes
- 44 Regulação da Assimilação de Efluentes Líquidos
 - 44 Externalidade
 - 45 Considerações Importantes
- 47 Regulação do Clima Global
 - 48 Externalidades
 - 50 Considerações Importantes
- 52 Regulação de polinização
 - 52 Método 1 – Reposição de polinização
 - 52 Dependência
 - 53 Impacto
 - 54 Método 2 – Polinização selvagem
 - 54 Dependência
 - 54 Impacto
 - 56 Externalidades
 - 59 Considerações Importantes
- 62 Regulação da Erosão do Solo
 - 63 Dependência
 - 64 Impacto
 - 65 Externalidade
 - 67 Considerações Importantes
- 70 Recreação e Turismo
 - 70 Impactos
 - 71 Externalidades
 - 72 Considerações Importantes

74 PRÓXIMOS PASSOS

- 74 Incorporando os Valores do Capital Natural nas Decisões de Negócios
- 75 Aprimoramento das Diretrizes Metodológicas
- 75 Aprimoramento da Ferramenta de Cálculo
- 75 Formação para a aplicação das DEVESE
- 75 Relato de Externalidades Ambientais

76 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

78 APÊNDICES

- 78 Apêndice 1
Atualização Financeira de Valores Futuros
- 78 Apêndice 2
Regulação da Qualidade da Água: diagrama sobre dependência e impacto
- 80 Apêndice 3
Regulação da Polinização Selvagem: detalhamento dos cálculos do exemplo
- 80 Apêndice 4
Regulação da erosão do solo: detalhamento dos cálculos do exemplo

82 ANEXOS

- 82 Anexo 1
Método de Custos de Reposição (MCR)
- 83 Anexo 2
Método de Produtividade Marginal (MPM)
- 84 Anexo 3
Método de Custos Evitados (MCE)
- 84 Anexo 4
Método de Custo de Oportunidade (MCO)
- 85 Anexo 5
Custo Social do Carbono (CSC)
- 86 Anexo 6
Método de Custo de Viagem (MCV)



GLOSSÁRIO

CONCEITOS GERAIS

Bem-estar: um contexto e estado dependente de materiais básicos para uma boa vida, liberdade de escolha, saúde, bem-estar físico, boas relações sociais, segurança, paz de espírito e vivência espiritual.

Contabilizar: definir o conjunto de indicadores de interesse e quantificá-los.

Custo Social do Carbono (CSC): é um parâmetro que representa o custo estimado dos prováveis impactos da adição de uma unidade de carbono na atmosfera – sob a forma de CO₂ – na produtividade agrícola, na saúde humana e na forma de danos a propriedades públicas ou privadas associados a riscos de enchentes, entre outros impactos que possam ser estimados e valorados monetariamente no contexto das mudanças climáticas.

Dependência: necessidade de algo para alcançar um determinado objetivo. Quanto maior for a necessidade, maior será o grau de dependência.

Ecossistema: um complexo dinâmico de plantas, animais, microrganismos e seu ambiente não vivo interagindo como uma unidade funcional. Exemplos de ambiente não vivo são a fração mineral do solo, o relevo, as chuvas, a temperatura e os rios e lagos – independentemente das espécies que os habitam.

Externalidade: consequência da ação de um agente que afeta o bem-estar (ou a função de produção) de outro agente sem que haja compensação paga ou recebida. Portanto, as consequências da ação não estão refletidas em preços de mercado. Pode ser positiva ou negativa. Apesar de constituir um subgrupo de *impactos*, as externalidades nestas Diretrizes são consideradas em separado.

Impacto: a consequência de uma ação. Pode ser positivo ou negativo, tomando-se como referência a situação atual. Para efeitos destas Diretrizes, considera-se como impactos apenas as consequências para o próprio agente responsável pela ação. Consequências para outros atores, ou externalidades, conforme definição anterior, são consideradas em separado por questões práticas.

Inventário: lista quantificada de indicadores.

Projeto: esforço, normalmente temporário, empreendido em favor de um determinado objetivo, seja ele criar um produto, serviço ou resultado específico.

Quantificar: medir, estimar ou calcular a partir de dados de outras variáveis um determinado indicador quantitativo.

Serviço Ambiental: iniciativas individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, recuperação ou melhoria dos serviços ecossistêmicos.

Serviço Ecossistêmico: contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas ao bem-estar humano.

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Provisão de Água: papel dos ecossistemas no ciclo hidrológico da água e sua contribuição em termos de quantidade de água, definida como sua produção total de água doce.

Provisão de Combustíveis: capacidade dos ecossistemas em produzir biomassa que possa ser utilizada como combustíveis, tais como madeira, carvão, resíduos de culturas agrícolas, etc. Para efeito destas Diretrizes, esse serviço ecossistêmico é chamado de “Provisão de Biomassa Combustível”.

Recreação e Turismo: papel dos ecossistemas como locais onde as pessoas encontram oportunidades para descanso, relaxamento e recreação.

Regulação da Assimilação de Efluentes: capacidade dos ecossistemas de degradar, reduzir ou eliminar toxicidade, desinfetar ou diluir uma carga poluente.

Regulação da Erosão do Solo: papel dos ecossistemas no controle de processos erosivos do solo – processos naturais, mas que podem ser acelerados ou retardados em função do tipo de uso e da prática de manejo de solo adotados.

Regulação da Qualidade da Água: papel dos ecossistemas no controle da qualidade da água, considerando-se parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Regulação de Polinização: capacidade dos ecossistemas de regular as populações de espécies animais que promovem a polinização de diversas espécies vegetais, em especial culturas agrícolas.

Regulação do Clima Global: papel dos ecossistemas nos ciclos biogeoquímicos do carbono e do nitrogênio, influenciando, assim, as emissões de importantes gases do efeito estufa, como CO₂, CH₄ e N₂O.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CENTRO DE ESTUDO EM SUSTENTABILIDADE, & WORLD RESOURCE INSTITUTE. (2011). *Especificações do Programa GHG Protocol* (2ª ed.). São Paulo: Escola de Administração de São Paulo, Fundação Getulio Vargas.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005). *Ecosystems and human well-being: Current state & trends assessment*. Washington, EUA: Island Press.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2013). *Managing change in organizations: a practice guide*. Pennsylvania: Project Management Institute. Disponível em: <www.pmi.org>

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. (2012). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: ecological and economic foundation*. New York, NY: Routledge.

APRESENTAÇÃO

Estas Diretrizes Empresariais para Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos, DEVESE, agora em sua segunda versão, são resultado do trabalho desenvolvido na iniciativa empresarial Tendências em Serviços Ecosistêmicos, TeSE. A missão da TeSE é articular o setor empresarial para a construção de estratégias e ferramentas que contribuam para uma gestão cada vez mais sustentável de suas dependências, impactos, externalidades, riscos e oportunidades relacionadas ao capital natural e, em especial, aos serviços ecosistêmicos.

Qual o propósito dessas diretrizes?

Estas diretrizes foram criadas com o intuito de orientar a elaboração de análises simplificadas de valoração econômica de serviços ecosistêmicos que sirvam de subsídio para a tomada de decisões empresariais estratégicas e táticas.

Foi dada preferência a métodos de aplicação fácil, rápida e de baixo custo de forma a dispensar, se não completamente, pelo menos parcialmente, a necessidade de apoio de consultorias externas especializadas no tema.

Em última instância, o propósito destas diretrizes é o envolvimento direto de seu usuário no processo de valoração econômica, o que facilita a compreensão da dimensão econômica do serviço ecosistêmico que está sendo estudado e das incertezas associadas às estimativas de valor econômico obtidas.

Para quem estas diretrizes são destinadas?

Estas diretrizes foram originalmente concebidas como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão de negócios, a serem utilizadas por empresas. Entre-

tanto, não há restrições a seu uso por outros tipos de organizações, como instituições públicas ou Organizações Não Governamentais (ONGs).

Como utilizar essas diretrizes?

Para aqueles não familiarizados com o conceito de serviços ecosistêmicos, seus valores e importância econômica, a leitura do capítulo 1, Introdução, é essencial.

Quem já possui domínio básico sobre esse tema deve avançar diretamente para o capítulo 2, Planejamento do Estudo, e seguir suas recomendações para definir o objetivo do estudo de valoração e seu escopo. As diretrizes para cada serviço ecosistêmico são independentes, ou seja, não é necessário aplicar as diretrizes de todos os serviços ecosistêmicos.

Em seguida, as diretrizes metodológicas dos serviços ecosistêmicos selecionados para o estudo devem ser consultadas, no capítulo 3, Métodos para Quantificação e Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos, para que se obtenham informações de quais dados são necessários.

De posse dessas informações, deve-se retornar ao capítulo 2 para concluir o plano de trabalho.

A etapa seguinte é o levantamento de dados, internos e externos.

De posse dos dados, inicia-se a etapa de aplicação das diretrizes para obter as estimativas finais de valor econômico, o que pode ser feito com apoio da ferramenta de cálculo disponível no site da TeSE.



INTRODUÇÃO

Quadro 1. Capital Natural

Capital Natural pode ser definido como “Estoque ou reserva provida pela natureza (biótica ou abiótica) que produz um valioso fluxo futuro de recursos ou serviços naturais.” (DAILY & FARLEY, 2010).

Exemplo de “estoque” são os ecossistemas, enquanto que exemplo de “fluxo” são os serviços ecossistêmicos (Farley, 2012).

Quadro 2. Dependências, Impactos e Externalidades

Dependência: necessidade de algo para alcançar um determinado objetivo. Quanto maior a necessidade, maior será o grau de dependência.

Impacto: consequência de uma ação. Pode ser positivo ou negativo, tendo por referência a situação atual.

Externalidade: consequência de uma ação que afeta outros que não o agente responsável pela ação e pela qual esse agente não é nem compensado nem penalizado pelos mercados. Pode ser positiva ou negativa, tendo por referência a situação atual.

Os serviços prestados pelos ecossistemas, ou capital natural, são essenciais para a atividade econômica; já que todos os produtos econômicos decorrem, em algum grau, da transformação de matérias-primas originadas na natureza (FARLEY, 2012). Atualizando suas estimativas de 1997, Costanza et al (2014) avaliaram o valor econômico global de serviços ecossistêmicos em 2011 entre US\$ 125 e US\$ 145 trilhões, praticamente o dobro do PIB Mundial em 2013 – estimado pelo Banco Mundial em aproximadamente US\$ 76 trilhões. Mesmo se superestimados, os resultados obtidos por Costanza et al (2014) não só reforçam que serviços ecossistêmicos são fundamentais para a economia mundial, como indicam que seus valores não estão sendo devidamente contabilizados nas estatísticas econômicas oficiais.

As empresas, enquanto agentes econômicos, dependem de ecossistemas e interagem com eles basicamente de 2 maneiras: a) utilizam serviços ecossistêmicos, o que inclui a provisão de matérias-primas; e, b) contribuem para as mudanças nos ecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MA, 2005). Muitas dessas interações afetam negativamente os ecossistemas, seja promovendo sua alteração ou remoção em prol de outros tipos de uso de solo, seja pela poluição causada pela atividade econômica da empresa. A degradação ambiental resultante afeta tanto os ecossistemas dos quais as empresas se beneficiam diretamente quanto aqueles que, se não contribuem diretamente para os negócios, contribuem para o bem-estar da sociedade.

A elevação de custos operacionais, a redução da flexibilidade nas operações e o aumento nas restrições legais são alguns dos impactos nos negócios que devem ser esperados em função da degradação de serviços ecossistêmicos (MA, 2005). A perda de licença social para operar e de competitividade em relação às empresas que melhor e mais rapidamente se adaptarem a esse contexto são outras ameaças que devem ser consideradas.

Preocupadas com essa situação, algumas empresas vêm empreendendo a integração do capital natural em seu planejamento estratégico de negócios.

A Électricité de France (EDF) visualizou riscos a suas operações de geração de energia elétrica no Rio Durance, na França, em função de uma provável futura escassez de água. A empresa resolveu então valorar sua dependência local de provisão de água para subsidiar o desenvolvimento de uma estratégia de compensação de outros usuários locais (irrigação) que reduzissem seu consumo de água. A estratégia foi bem-sucedida e resultou em economia de 35% no consumo de água para irrigação, preservada a margem financeira dos agricultores. A água economizada permitiu ainda à EDF aumentar sua produção na época de pico de consumo energético, quando os preços da energia são mais elevados¹.

¹ WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). 2012. “Water valuation: Business case study summaries”.

A mineradora Rio Tinto fez um estudo de valoração econômica para avaliar a viabilidade financeira de *offsets* florestais em Madagascar, que se referiu à conservação de 60.000 ha de florestas. O estudo comparou os custos dos investimentos necessários para garantir a conservação da área – inclusive os custos de oportunidade do uso da terra que seria conservada – com os benefícios que seriam obtidos com serviços ecossistêmicos por meio da conservação das florestas locais – em especial regulação da erosão do solo, regulação de vazão dos corpos d'água, provisão de água, qualidade da água, regulação do clima e ecoturismo. O resultado obtido foi um benefício líquido de US\$ 17,3 milhões em favor da conservação da área ao final de trinta anos. A valoração econômica foi então formalmente adotada pela empresa como ferramenta de apoio à tomada de decisões de negócios em níveis estratégico e operacional².

A incorporação do capital natural e de seus serviços ecossistêmicos na tomada de decisão de investimentos empresariais, entretanto, não está relacionada apenas à mitigação de riscos. A identificação de novas oportunidades de negócios é outra possibilidade. Basicamente, tanto os riscos como as oportunidades de negócio relacionadas ao capital natural e a seus serviços ecossistêmicos podem ser classificados em 5 categorias: operacionais; financeiros; regulatórios e legais; reputacionais ou de mercado (HANSON, RANGANATHAN & FINISDORRE, 2012). E já há exemplos de empresas explorando economicamente os benefícios do capital natural mesmo quando estes não estão relacionados diretamente às suas operações.

A Inland Empire, companhia de papel que atua nos EUA, possui cerca de 50.000 hectares de florestas. A empresa percebeu a atratividade de suas terras para recreação e ecoturismo como uma oportunidade de negócio e passou a explorar esse serviço ecossistêmico por meio da venda de permissões de visita³. Além da renda desse novo negócio, a empresa obteve um ganho reputacional junto à população local.

A utilização de biomassa na substituição de combustíveis fósseis é outro exemplo de oportunidade de negócio ligada a serviços ecossistêmicos e tem sido uma estratégia em expansão no Brasil. Além de uma

alternativa energética de custos competitivos, a utilização de biomassa gera, ainda, cobenefícios, como a mitigação das mudanças do clima.

Uma questão central no debate sobre a importância do capital natural é o potencial da tecnologia como fator que viabilize sua substituição por capital físico e tecnológico (máquinas, equipamentos, etc.). O capital físico e tecnológico, entretanto, não tem como substituir o capital natural na maior parte das situações (THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY – TEEB, 2012b), e mesmo quando a substituição é possível, ela tende a ser apenas parcial e pode nem mesmo ser eficiente do ponto de vista econômico.

O caso de Catskill-Delaware, em Nova Iorque, é um exemplo no qual o investimento em capital natural se mostrou mais barato e tão efetivo quanto o investimento em capital físico e tecnológico, além de gerar cobenefícios que o capital físico e tecnológico não oferecia. No final da década de 1980 e diante da crescente degradação ambiental de seus mananciais, a cidade de Nova Iorque começou a ver a qualidade de sua água declinar em função do aumento de poluição difusa. A solução inicialmente prevista para essa situação era a construção de uma estação de tratamento de água, e esse empreendimento foi orçado a custos de US\$ 4 a US\$ 6 bilhões de investimento na estrutura, mais US\$ 250 milhões de custos operacionais anuais. O impacto na conta de água dos cidadãos nova-iorquinos seria significativo (APPLETON, 2002). A alternativa encontrada foi proteger e restaurar os serviços ecossistêmicos locais, o que demandou investimentos iniciais de US\$ 1,4 bilhão (NICKENS, 1998) e custos operacionais na ordem de 1/8 dos custos da planta de tratamento de água anteriormente prevista (APPLETON, 2002). A alternativa também gerou diversos cobenefícios ambientais e socioeconômicos, como recuperação e disponibilização de áreas para recreação e lazer e desenvolvimento rural sustentável. A situação enfrentada por Nova Iorque é muito semelhante à de empresas que captam sua própria água, ou às que operam reservatórios; e as possibilidades estratégicas para a tomada de decisão são também muito semelhantes.

² *Ibid idem.*

³ Disponível em: <<http://www.iepco.com/recreation.htm>>.

Quadro 3. Quantificação e Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos

Quantificação: estimativa ou medição do serviço ecossistêmico via algum indicador físico, tal como m³, tonelada, etc.

Valoração econômica: expressão do valor econômico integral ou parcial de um serviço ecossistêmico, em unidades monetárias – reais.

A importância ou o valor dos serviços ecossistêmicos para a sociedade tem diferentes dimensões: ecológica, que diz respeito à resiliência e integridade necessária para que os ecossistemas mantenham a provisão de seus serviços; sociocultural, relacionada a crenças e valores culturais; e econômica, baseada em utilidade como medida de bem-estar social (TEEB, 2012a). Entretanto, sua integração aos processos de tomada de decisão de negócios ou políticas públicas não é trivial e pede inovação em práticas, processos e estratégias. Um dos maiores desafios nesse sentido tem sido o dimensionamento e, mais especificamente, a quantificação e valoração econômica das dependências, impactos e externalidades em relação aos serviços ecossistêmicos.

A quantificação e a valoração econômica oferecem informações de base quantitativa úteis tanto para a tomada de decisão de negócios como para o monitoramento dos resultados e impactos das decisões que forem tomadas. No Brasil, já há casos de empresas que empreendem estudos de valoração econômica ambiental. Exemplos, são: Alcoa, Amaggi, Anglo American, Beraca, BRF, Bunge, Construtora Camargo Corrêa, Duratex, Grupo Centroflora, Monsanto, Natura, Suzano e Walmart.

A valoração econômica deve contribuir para uma tomada de decisão mais bem informada (TEEB, 2012a). Ela permite a comparação de impactos, riscos, dependências e externalidades relacionados ao capital natural diretamente com seus equivalentes relacionados a outros tipos de capital (construído ou físico – máquinas e equipamentos, etc. –, tecnológico e humano). Essa comparação favorece uma tomada de decisão otimizada em termos da alocação desses diferentes tipos de capital – com melhores resultados para os negócios e para a sociedade.

A alocação econômica do capital natural não pode ser feita de forma eficiente apenas por mecanismos de mercado, pois grande parte dos componentes de valor do capital natural não possui preço. Além disso, preços de mercado são diretamente influenciados pelo poder de compra da demanda – que compreende apenas a parcela da sociedade que consegue acessar esse mercado – e, portanto, tendem a distorcer o valor econômico do capital natural no contexto da sociedade como um todo, já que não incorporam a percepção de valor daqueles que não conseguem acessar esse mercado (FARLEY, 2012). Desse modo, as decisões de negócios que envolvam direta ou indiretamente capital natural não podem ser feitas exclusivamente com base em informações de mercado (TEEB, 2012b).

O capital natural é, em última instância, patrimônio da sociedade e determinante da qualidade de vida das pessoas. Em função disso, a sociedade tem se tornado cada vez menos tolerante com externalidades negativas e as decisões de consumo começam a privilegiar negócios e produtos mais sustentáveis.

As empresas precisam, portanto, avançar na incorporação do capital natural e seus serviços ecossistêmicos em seus processos de tomada de decisão, sob pena de terem sua imagem comprometida junto à sociedade e a seu público consumidor, e perderem competitividade nos mercados nos quais atuam. Empresas que se anteciparem nesse sentido certamente terão vantagens competitivas para crescer, prosperar e assumir a liderança dos mercados nos quais atuam. É importante, entretanto, nunca perder a perspectiva de que o valor econômico é apenas um dos componentes do valor total do capital natural e de seus serviços ecossistêmicos e que seus valores ecológicos e socioculturais devem ser também avaliados sempre que possível.

A biodiversidade, junto ao meio físico (solo, água, clima, relevo, etc.) são os componentes fundamentais dos ecossistemas. A perda da biodiversidade, portanto, prejudica as funções e resiliência⁴ dos ecossistemas, ameaçando, assim, o fluxo de serviços ecossistêmicos que beneficiam a sociedade atual e dos quais dependerão as gerações futuras. Essas ameaças tendem a se tornar ainda maiores em função das mudanças do clima e do crescimento do consumo humano de recursos naturais (DE GROOT et al, 2012).

Não é prudente esperar por algum tipo de amplo aviso prévio a respeito de mudanças na disponibilidade de serviços ecossistêmicos ou que respostas a crises passadas na disponibilidade desses serviços serão eficazes no futuro (MA, 2005). Ecossistemas podem se modificar de forma abrupta e imprevisível e a maior parte dos ecossistemas mundiais tem sido alterada pelas atividades humanas de uma maneira sem precedentes (MA, 2005b). Nesse contexto, fica cada vez mais difícil prever o estado futuro de um ecossistema e a disponibilidade dos serviços gerados por ele (FARLEY, 2012 & MA, 2005).

A conservação e a recuperação do capital natural, portanto, são necessárias e beneficiam a todos: governo, setor privado e a sociedade como um todo.

Quadro 4. Serviços Ecossistêmicos x Serviços Ambientais

Os termos serviços ambientais e serviços ecossistêmicos são muitas vezes utilizados para expressar o mesmo sentido, mas o termo serviços ambientais já foi descrito de formas consideravelmente diferentes. Seja como for, as diferentes definições de serviços ambientais derivam invariavelmente do conceito de serviços ecossistêmicos.

Serviços ecossistêmicos são definidos de 2 formas: “Benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas” (MA, 2005) ou “Contribuições diretas e indiretas de ecossistemas para o bem-estar humano” (TEEB, 2012a), que são bastante próximas.

Serviços ambientais são iniciativas individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, recuperação ou melhoria dos serviços ecossistêmicos (Projeto de Lei Federal nº 792/2007).

⁴ A resiliência de um ecossistema é sua capacidade de recuperar o estado e dinâmica originais após sofrer um distúrbio.



PLANEJAMENTO DO ESTUDO

Uma vez tomada a decisão de quantificar e valorar serviços ecossistêmicos, torna-se necessária a definição de processos e métodos para alcançar esse objetivo. Os processos e métodos sugeridos nestas Diretrizes têm sinergias com outros métodos e instrumentos utilizados por empresas com boas práticas de gestão corporativa, notadamente estudos de impactos socioambientais, sistemas de gestão e certificações da International Organization for Standardization (ISO), avaliação de ciclo de vida e relatórios de sustentabilidade, entre outros; facilitando, assim, suas aplicações pela empresa. O planejamento do trabalho deve, sempre que possível, contemplar a integração destes, principalmente no que se refere ao levantamento de dados.

O levantamento de informações quantitativas sobre serviços ecossistêmicos para subsidiar processos de tomada de decisões de negócios nem sempre é trivial, seja pelo caráter inovador do conceito de serviços ecossistêmicos junto ao setor empresarial, seja pela potencial complexidade de seus métodos de cálculo e disponibilidade de dados. Nesse sentido, **recomenda-se um planejamento inicial que ajude a empresa a organizar e otimizar seus esforços para obter as melhores informações com a máxima eficiência.** Esse planejamento inicial deve resultar em um plano de trabalho cuja estrutura básica é sugerida e comentada a seguir.

PLANO DE TRABALHO

Objetivo

O objetivo está relacionado diretamente ao uso que se pretende fazer das estimativas de valor econômico; seja a necessidade de optar por uma, entre várias alternativas de investimento na estruturação de um projeto, ou unidade operacional; a análise de desempenho de uma política, ou um projeto; o monitoramento de resultados, ou desempenho; ou mesmo o inventário econômico de dependências, impactos sofridos ou externalidades geradas no contexto de serviços ecossistêmicos.

A clara definição do objetivo da análise é importante, pois irá determinar o escopo a ser considerado; e o correto delineamento do escopo é essencial para otimizar a análise de forma a obter informações de melhor qualidade.

Por isso, o objetivo deve ser o mais claro e específico possível. Exemplos:

- Avaliar se os programas de mitigação e compensação estabelecidos no licenciamento ambiental são efetivos em custo quando considerados os custos sociais (externalidades) relacionados a serviços ecossistêmicos;
- Avaliar e monitorar os impactos econômicos da política ambiental da empresa no que se refere a serviços ecossistêmicos.

Eventualmente, o objetivo do estudo poderá ser expresso na forma de uma pergunta cuja resposta deve ser subsidiada pela quantificação e valoração de serviços ecossistêmicos, como:

- Qual o valor econômico dos serviços ecossistêmicos que serão perdidos ou recuperados em função das mudanças de uso da terra promovidas por esse projeto?
- O que é mais interessante para a empresa, no contexto econômico: recuperar os serviços ecossistêmicos locais para garantir a quantidade e qualidade de água necessária aos negócios ou comprar de outras regiões a água na quantidade e qualidade desejadas?
- Quais foram os resultados econômicos da nova política de redução de externalidades ambientais nos últimos três anos?

É importante ressaltar que em muitos casos a valoração econômica de serviços ecossistêmicos é apenas um entre vários subsídios necessários para a tomada de decisão.

Escopo da Análise

O escopo da análise inclui 6 componentes: a) objeto; b) abordagem; c) etapa(s) da cadeia de valor; d) área(s) geográfica(s); e) serviços ecossistêmicos de interesse; f) horizonte temporal.

As definições feitas em cada um desses componentes naturalmente condicionam as características dos demais. Em função disso, esses componentes de escopo são apresentados abaixo na ordem que melhor explore suas sinergias; e, ao trabalhar os componentes de escopo nessa ordem, a análise tende a ser otimizada.

Objeto de Análise

O objeto de análise diz respeito à parcela dos negócios da empresa que será considerada: operações da empresa como um todo, unidade(s) de negócio, linha(s) de produto/serviço, planta(s) industrial(is), um

processo produtivo em especial, obra(s), propriedades. O objeto da análise indica, portanto, o recorte dos negócios que será analisado.

Abordagem

Basicamente, são 2 as possíveis abordagens de análise: **prospectiva** (ou *ex-ante*), quando são avaliados eventos ou situações que ainda não ocorreram, ou seja, em perspectiva futura; ou **retroativa** (ou *ex-post*), quando são avaliados eventos ou situações que já ocorreram ou poderiam ter ocorrido.

Uma abordagem prospectiva normalmente está relacionada a algum projeto em fase de análise de viabilidade.

Uma abordagem retrospectiva, por outro lado, pode se referir tanto à avaliação de um projeto parcial ou totalmente concluído ou então a inventários que busquem dimensionar dependências, impactos sofridos pela empresa ou externalidades em períodos pretéritos (normalmente o ano fiscal anterior).

Em suma, a análise prospectiva é indicada principalmente para subsidiar decisões estratégicas, enquanto a análise retroativa é indicada principalmente para monitoramento e avaliações de resultados, impactos e desempenho.

Etapa da Cadeia de Valor

A empresa pode optar por focar apenas nas operações próprias, ou analisar também sua cadeia de valor, podendo trabalhar com aspectos *upstream* (fornecedores) ou *downstream* (clientes). Caso opte por analisar sua cadeia de fornecedores ou clientes, será necessário um esforço grande para o engajamento destes, lembrando que isso terá de ser feito com a antecedência necessária para que os dados estejam disponíveis no momento desejado⁵.

⁵ O ideal é que a empresa faça sua 1ª aplicação destas Diretrizes exclusivamente em suas próprias operações para que ganhe experiência nesse tipo de análise antes de requisitá-la a seus fornecedores. Conhecimento e experiência prática prévios nesse tipo de análise facilitarão a comunicação dos objetivos de análise aos fornecedores, bem como no apoio e organização dos trabalhos e dos resultados recebidos. Mais ainda, tende a otimizar o tempo de análise e a reduzir eventuais desgastes no relacionamento com os fornecedores.

Quadro 5. Dicas para a Seleção de Serviços Ecosistêmicos para a Análise

1º passo: avaliar quais recursos naturais (água, biomassa combustível, madeira, fibras, produtos agropecuários, etc.) contribuem para as atividades da empresa, seja como insumos, seja como facilitadores de seu processo produtivo.

Trata-se de uma análise preliminar da dependência das atividades da empresa em relação a recursos naturais. Esses recursos são diretamente dependentes de serviços ecosistêmicos de provisão e indiretamente de serviços ecosistêmicos de regulação. Suas relevâncias para a empresa estão relacionadas aos graus de dependência de suas atividades em relação a eles e cabe à equipe da empresa avaliar se essas dependências são relevantes (materiais). Se forem, os serviços ecosistêmicos relacionados direta ou indiretamente a esses recursos devem ser quantificados e valorados.

2º passo: estender a análise de dependência diretamente para os serviços de regulação.

Uma forma de fazer isso é especular (*brainstorming*) sobre quais seriam os impactos nas atividades da empresa caso um determinado serviço ecosistêmico de regulação fosse reduzido ou mesmo eliminado na região considerada pela empresa para as análises. Em caso de dúvida, é mais prudente quantificar e valorar esses serviços, pois muitas vezes o valor em si contribui para uma melhor avaliação de sua relevância para a empresa.

3º passo: avaliar impactos e externalidades reais e potenciais.

Para tanto, a empresa pode utilizar-se dos procedimentos de análise de aspectos e impactos ambientais que utiliza em seus processos de licenciamento ambiental. É recomendável considerar nessa avaliação todos os serviços ecosistêmicos considerados nestas Diretrizes.

Área Geográfica

A área geográfica é extremamente importante para a análise, pois está diretamente relacionada à qualidade e quantidade de capital natural disponível e consequentemente dos serviços ecosistêmicos que interagem com a empresa ou sua cadeia de valor.

Muitas vezes, a definição da área geográfica decorre da definição do objeto de análise quando este for claramente localizado. Se esse não for o caso, é preciso especificar os limites geográficos de interesse para a análise.

A seleção das áreas deve ainda levar em consideração a existência dos dados e o acesso a estes, incluindo a interface com os recursos humanos nas diferentes unidades de negócios selecionadas. Especialmente no caso de serviços ecosistêmicos relacionados à água, sempre que possível deve-se trabalhar com dados específicos para a bacia hidrográfica de interesse.

Mais ainda, é importante também fazer uma breve caracterização ambiental e socioeconômica da área para que outras pessoas que recebam as análises possam entender melhor seu contexto. Essas informações normalmente estão disponíveis em documentos do processo de licenciamento ambiental.

Serviços Ecosistêmicos de Interesse e seus Aspectos: dependência, impacto e externalidade

É importante definir quais dos serviços ecosistêmicos abordados nestas Diretrizes possuem aderência ao objetivo e escopo selecionados para o estudo. Dependendo da natureza das atividades da empresa (serviços, indústria, agrícola), certos serviços ecosistêmicos, ou algum de seus aspectos, podem não ser relevantes (materiais). Para auxiliar na seleção de quais serviços ecosistêmicos devem ser analisados, podem ser utilizados conceitos de Sistemas de Gestão Ambiental baseados nas normas ISO 14.001, que observam entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), bem como conceitos de materialidade dos Relatórios de Sustentabilidade.

Caso a empresa queira um procedimento sistemático de apoio a essa avaliação, pode utilizar o passo 2 da ferramenta ESR⁶. Cabe ressaltar, entretanto, que essa ferramenta não determina, sozinha, quais são os serviços ecosistêmicos relevantes para o escopo da análise da empresa; o que ela faz é orientar essa análise por

meio de um conjunto de perguntas objetivas a serem respondidas pela equipe de analistas. Ou seja, quem toma a decisão sobre a relevância dos serviços ecossistêmicos é a equipe de analistas, e não a ferramenta.

Por fim, será necessário **selecionar quais aspectos de serviços ecossistêmicos serão considerados na análise: dependência, impactos sofridos pela própria empresa e/ou externalidades**. A própria análise de relevância dos serviços ecossistêmicos indicará quais aspectos considerar para cada serviço ecossistêmico avaliado. Em alguns casos, entretanto, caberá à equipe de analistas avaliar se os impactos são sofridos pela empresa ou gerados por ela – externalidades, nesse último caso. Na definição dos aspectos a serem estudados é importante considerar também a disponibilidade de dados.

Horizonte Temporal e a Taxa de Desconto Intergerações

O horizonte temporal é o período considerado na análise. Quando esse período é de até 1 ano, como normalmente ocorre nas análises retroativas do tipo inventário, os valores estimados podem ser considerados atualizados desde que os dados econômicos que subsidiaram a análise também estejam atualizados (preços de produtos ou custos de serviços substitutos ou complementares ao serviço ecossistêmico avaliado obtidos no ano presente, por exemplo). Se o horizonte temporal for maior do que 1 ano, será necessário fazer a atualização a valor presente das estimativas obtidas para os demais anos. Essa atualização de valores é muito comum no caso de análises retroativas ou prospectivas de projetos.

A necessidade de atualização a valor presente de estimativas futuras impõe um dos maiores desafios e polêmicas da valoração econômica ambiental: a **definição da taxa de desconto intergerações**. Essa é a taxa pela qual fluxos pretéritos e futuros de serviços ecossistêmicos, expressos em valor monetário, são atualizados a valor presente para consolidar a estimativa para todo o horizonte temporal determinado para a análise. A qualificação como “intergerações” refere-se ao impacto que

Quadro 6. Inventários como Ferramenta de Monitoramento de Desempenho Ambiental

A prática de inventariar periodicamente dependências, impactos sofridos e externalidades pode servir como ferramenta de monitoramento de riscos e de desempenho. Seguem algumas considerações para ajudar a delinear um programa de monitoramento com base em indicadores físicos ou monetários de serviços ecossistêmicos:

A definição da periodicidade, ou seja, da frequência de repetição das medições é crítica para a eficácia do monitoramento. Periodicidades menores implicam um esforço maior e, portanto, maiores custos, mas não necessariamente garantem dados mais precisos. Certos serviços ecossistêmicos, devido à sua dinâmica natural, levam mais tempo do que outros para refletir impactos das ações decorrentes da tomada de decisões de negócios, e uma periodicidade excessivamente curta em relação a essa dinâmica natural não será mais eficiente no monitoramento desses impactos. Da mesma forma, periodicidades muito longas em relação à dinâmica natural do serviço ecossistêmico, em que pese o menor custo de monitoramento, podem deixar de captar parte importante da informação sobre sua variação.

A periodicidade anual, em geral, é uma boa opção para inventários corporativos, salvo os comentários já feitos, pois está correlacionada com o ano fiscal e tende a ser pouco influenciada por sazonalidades.

6 ESR = The Ecosystem Services Review, disponível em < www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review >

a taxa escolhida pode ter na equidade entre as gerações presentes e as gerações futuras quanto à alocação e disponibilidade de serviços ecossistêmicos.

Em suma, quanto maior for a taxa de desconto utilizada, menor será o valor econômico atribuído ao fluxo futuro do serviço ecossistêmico. Desse modo, uma lógica puramente financeira na escolha da taxa pode depreciar o capital natural futuro, e, portanto, a decisão sobre a taxa deve levar em consideração outros fatores:

- A atualização financeira dos valores econômicos dos fluxos futuros de serviços ecossistêmicos por uma determinada taxa, que invariavelmente é baseada em taxas de juro do mercado financeiro, pressupõe que serviços ecossistêmicos podem ser substituídos por capital financeiro, o que não corresponde à realidade;
- A depreciação dos fluxos futuros de serviços ecossistêmicos tende a favorecer o consumo e também a degradação do capital natural pelas gerações presentes, comprometendo a oferta de recursos naturais para as gerações futuras;
- O meio ambiente possui outros importantes valores não econômicos (valores socioculturais e ecológico) que também podem ser comprometidos caso a taxa de desconto favoreça sua depreciação; e, conseqüentemente, sua degradação;
- Considerando a tendência histórica brasileira de perda de capital natural por consumo ou degradação ambiental, a tendência mais plausível é que recursos naturais como serviços ecossistêmicos se tornem cada vez mais escassos; e o valor econômico futuro daqueles que não puderem ser substituídos, como a água, deverá ser maior e não menor que o valor presente.

Taxas de juros praticadas no mercado financeiro internacional costumam servir de referência para a definição da taxa de desconto a ser utilizada. Entretanto, não há critério objetivo ampla e plenamente aceito para orientar essa decisão. Há importantes critérios subjetivos a considerar, e a escolha invariavelmente precisará ser baseada em considerações éticas. A fórmula para a atualização financeira de valores futuros associados a serviços ecossistêmicos, típica para análises de fluxos de caixa, é disponibilizada no Apêndice 1.

Disponibilidade de Dados

Uma pré-avaliação da disponibilidade de dados é fundamental ainda na etapa de planejamento. Os dados necessários para as análises são indicados e definidos nas fórmulas dos métodos apresentados para cada serviço ecossistêmico.

Para dados que puderem ser obtidos internamente, na própria empresa, é necessário avaliar se estão disponíveis e quem pode fornecê-los, ou se é necessário produzi-los e quem pode fazê-lo.

Para os dados que não puderem ser obtidos internamente é necessário avaliar se estão disponíveis e podem ser adquiridos e/ou produzidos externamente, fazendo a ponderação se a valoração econômica a ser feita com esses dados justifica os custos de sua aquisição.

É aconselhável a elaboração de um *checklist* contemplando os dados a serem levantados, os responsáveis pelo levantamento, a fonte da informação e os parâmetros técnicos desejados. Para dados levantados por diferentes fontes (fornecedores, por exemplo), será necessário um cuidado especial com a uniformização das unidades de medida.

Equipe

A montagem da equipe deve considerar as necessidades de levantamento e análise de dados. É fundamental uma análise consistente da capacidade interna, bem como da disponibilidade de tempo. Caso sejam insuficientes para atender às demandas do estudo, deve ser considerada a contratação de apoio externo.

Recomenda-se que a definição da equipe considere os seguintes componentes:

Alta Administração

O engajamento de um ou mais representantes da alta administração da empresa será importante para respaldar o planejamento e o desenvolvimento dos trabalhos. A participação da alta administração é desejável na concepção da análise (seus objetivo e escopo); e essencial para garantir a institucionalidade do processo de análise e o acesso a dados internos em tempo hábil para o atendimento ao cronograma planejado.

Coordenação do Trabalho

Um coordenador com a necessária autoridade para liderar a equipe é essencial. Preferencialmente, o coordenador deve conhecer as operações da empresa e ter algum domínio técnico sobre valoração econômica ambiental.

De forma resumida, suas responsabilidades incluem:

- a) garantir a dinâmica de execução dos trabalhos e o atendimento ao cronograma e objetivos definidos no plano de trabalho;
- b) solicitar às diferentes áreas envolvidas o fornecimento de dados (em geral com o apoio do representante da alta administração);
- c) coordenar os trabalhos dos analistas internos;
- d) contratar e coordenar os trabalhos de eventuais analistas externos;
- e) articular o engajamento dos fornecedores/clientes quando a análise abordar a cadeia de valor.

Analistas Internos

São os responsáveis pela verificação e tabulação dos dados, pela aplicação dos métodos de valoração e produção dos resultados das análises.

Equipe Externa

Normalmente atua nas funções de coordenação ou análise, na ausência de equipe interna disponível para cumprir essas funções.

Orçamento

É importante elaborar um orçamento para que seja possível contingenciar os recursos necessários para a execução dos trabalhos. Exemplos de atividades cujos custos devem ser considerados, são: a) geração de dados internos; b) aquisição de dados externos; c) alocação de equipe; d) deslocamentos e viagens; e) contratação de terceiros.

Cronograma de Atividades

Para apoiar e facilitar o controle das atividades do processo de valoração econômica, é recomendável elaborar um cronograma detalhado, com as diferentes atividades a serem realizadas e seus respectivos prazos e responsáveis, especialmente quando uma determinada estimativa for feita pela primeira vez.





MÉTODOS PARA A QUANTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO ECONÔMICA DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A seguir, são apresentadas diretrizes metodológicas simplificadas para a quantificação e valoração econômica de dependências, impactos sofridos pela empresa e externalidades em relação a 8 serviços ecossistêmicos:

- Provisão de água (quantidade)
- Provisão de biomassa combustível
- Regulação da qualidade da água
- Regulação da assimilação de efluentes líquidos
- Regulação do clima global
- Regulação de polinização
- Regulação de erosão do solo
- Recreação e turismo

A tipologia adotada para a classificação dos serviços ecossistêmicos é a proposta pelo TEEB (2012a). As diretrizes metodológicas foram elaboradas de forma independente para cada serviço ecossistêmico, de modo que a empresa pode selecionar e analisar apenas os serviços ecossistêmicos relevantes para o escopo que definiu para o estudo.

As descrições dos serviços ecossistêmicos são baseadas em suas definições teóricas, mas foram adaptadas para se aproximar da realidade da gestão ambiental empresarial.

Na definição das abordagens metodológicas foi dada preferência a métodos simplificados que fossem capazes de produzir estimativas realistas do ponto de vista econômico e representativas da realidade empresarial. Para tanto, priorizaram-se procedimentos metodológicos alinhados com ações normalmente consideradas pelas empresas na prevenção ou remediação de danos ambientais, contribuindo para uma avaliação econômica prévia de alternativas de ação de gestão.

É importante reforçar que os métodos indicados não são capazes de estimar o valor total de um recurso natural (bem ou serviço ecossistêmico), mas apenas seu valor econômico.

O processo de tomada de decisão da empresa, portanto, não deve ignorar outros valores associados ao meio ambiente; sejam valores ecológicos⁷, sejam os diversos tipos de valores de natureza socioculturais⁸. Enfim, a valoração puramente econômica, apesar de

gerar informações relevantes para os negócios, é uma subestimativa do valor real de um bem ou serviço ecossistêmico e deve ser entendida nessa perspectiva.

Assumindo que a toda dependência está associado um risco, e que a realização desse risco se traduz em um impacto sofrido pela empresa, o maior impacto que a empresa poderá sofrer pela variação na disponibilidade de um serviço ecossistêmico será equivalente ao grau de dependência que possui em relação a ele.

Os procedimentos metodológicos para dependências e impactos foram alinhados com base nessa lógica. Como muitas das variáveis utilizadas nas diretrizes para ambos são as mesmas, para os impactos são descritas apenas aquelas que não foram descritas anteriormente para dependência em relação ao mesmo serviço ecossistêmico. Nas diretrizes para externalidade, entretanto, todas as variáveis são descritas, mesmo aquelas comuns às diretrizes para dependências e impactos, para que não seja necessário voltar no texto em busca das definições dessas variáveis.

Todos os procedimentos metodológicos foram descritos e exemplificados em grau de detalhamento possível e necessário para que o processo de estimativa possa ser conhecido e avaliado. A complexidade desses procedimentos varia de acordo com as premissas ecológicas e econômicas que os embasam, mas a elaboração dos cálculos pode ser feita por meio de planilha Excel disponibilizada pela TeSE; basta inserir os dados e, em alguns casos, optar entre alguns critérios e parâmetros de análise disponíveis.

Todos os procedimentos metodológicos descritos a seguir podem ser implementados por meio da ferramenta de cálculo das DEVESE, disponibilizada gratuitamente pela TeSE (www.tendenciasemse.com.br).

7 Diz respeito à integridade, saúde e resiliência de ecossistemas, ou as condições mínimas para que possam continuar provendo serviços ecossistêmicos (TEEB, 2012a).

8 Estético, espiritual, inspiração cultural, cognitivo, relações sociais, entre outros, dependendo do autor.

Tabela 1. Quadro resumo dos indicadores de quantificação e dos métodos de valoração econômica adotados

Serviços Ecosistêmicos	Dependência		Impacto		Externalidade		Considerações Importantes
	Quantificação	Valoração	Quantificação	Valoração	Quantificação	Valoração	
1. Provisão de água (quantidade)	Água demandada/ Produção	MCR	Déficit hídrico	MCR	Balanço hídrico em bacias hidrográficas críticas	MCR	–
2. Provisão de biomassa combustível	Biomassa/ Demanda total de combustível	MPMe	Quantidade da alternativa energética mais efetiva em custo	MCR	1. Produtividade da atividade econômica removida 2. Emissões de GEE de alternativas fósseis	1. MCO 2. MCR (CSC)	–
3. Regulação da qualidade da água	Qualidade desejada/ Pior qualidade conhecida	MCR	Qualidade obtida/ Qualidade desejada	MCR	Qualidade a montante/ Qualidade a jusante	MCE	Não estão definidos impactos ou externalidades positivos
4. Regulação da assimilação de efluentes líquidos	–	–	–	–	Carga poluente que gera alteração ambiental	MCE	Dependência equivale a externalidade. Não foi definido impacto
5. Regulação do clima global	–	–	–	–	Remoções e emissões biogênicas de GEE Desmatamento evitado	MCR (CSC)	Recomenda-se a inclusão de emissões de outras fontes, calculadas à parte
6. Regulação de polinização	Produtividade adicional em função de polinização por abelhas	1. MCR 2. MPM	1. Esforço de reposição de polinização 2. Variação na oferta de polinização natural	1. MCR 2. MPM	Variação na oferta de polinização natural para terceiros	MPM	–
7. Regulação de erosão do solo	1. Perda potencial local de nutrientes do solo 2. Turbidez potencial na água captada	MCR	1. Perda local de nutrientes do solo 2. Turbidez na água captada	MCR	Turbidez na água a jusante	MCR	–
8. Recreação e turismo	–	–	1. Visitação por período 2. Produtividade da alternativa de uso do solo	1. MCV (parcial) 2. MCO	Deslocamento (incluindo estadia fora da área de visitação)	MCV (parcial)	Não foi definida dependência neste caso

MCR = Método do Custo de Reposição; MPMe = Método de Preços de Mercado; MCO = Método do Custo de Oportunidade; MCE = Método de Custos Evitados; CSC = Custo Social do Carbono; MPM = Método de Produtividade Marginal; MCV = Método do Custo de Viagem

PROVISÃO DE ÁGUA

Diz respeito à quantidade de água doce utilizada pela empresa sem considerações sobre a qualidade dessa água.

São aqui abordados dependência, impacto sofrido pela empresa e externalidade.

Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à quantidade necessária para atender à demanda de produção ou de prestação de serviços pela empresa.

Quantificação

Indicador físico: $DQa = Qa_d / Qp_{max}$
Sendo $Qa_d = Qa_u + Qa_i$

No qual: DQa = Dependência de
Quantidade de água;
 Qa_d = Quantidade de água
demandada, em m^3 ;⁹
 Qa_u = Quantidade de água utilizada
atualmente, em m^3 ;
 Qa_i = Quantidade de água
demandada mas indisponível
no momento, em m^3 ;
 Qp_{max} = Quantidade máxima produzida,
em sua respectiva unidade física.

Basicamente, para calcular Qa_d , será necessário medir todo o volume de água demandado tanto no processo produtivo quanto nas atividades de apoio consideradas vitais para as operações da empresa. Esse montante de água inclui tanto a água utilizada atualmente, Qa_u , como a água que seria utilizada se estivesse disponível Qa_i .

⁹ $1m^3 = 1.000$ litros

Para contabilizar o volume de água utilizado atualmente, Qa_u , pode-se recorrer aos métodos da *Pegada Hídrica*¹⁰. São considerados como água efetivamente utilizada: a) a água que já é captada diretamente (águas superficiais, subterrâneas ou da chuva), que corresponde à *pegada azul*; b) a água fornecida e tarifada por empresas de abastecimento; c) a água necessária à produção agrícola; quando for o caso, a qual equivale à *pegada verde* no contexto da *pegada hídrica* de produtos.

Especificamente para a água necessária à produção agrícola, quando não for possível calcular diretamente a *pegada verde*, pode-se utilizar estimativas publicadas em estudos específicos¹¹. Caso não haja estimativas para o produto de interesse, pode-se utilizar como aproximação a *pegada verde* de algum produto de características semelhantes.

Na contabilização de Qa_d devem ser consideradas: a) a água utilizada no processo produtivo, incorporada ou não ao produto; b) a água perdida (por evaporação, vazamento, etc.); bem como, c) a água de uso indireto (para manutenção de atividades administrativas ou de apoio, como a água utilizada em banheiros, cozinhas e na limpeza das instalações administrativas), desde que vital para a operação da empresa.

Quanto ao volume de água que seria utilizado se estivesse disponível, Qa_p , pode ser obtido da área operacional da empresa (engenharia), ou estimado com base no crescimento da produção que se espera obter com esse volume adicional de água. No caso da estimativa, basta multiplicar o volume de água efetiva e atualmente utilizado por 100% mais percentual de crescimento da produção decorrente do uso desse volume adicional de água.

Para Qp_{max} deve-se considerar a máxima produção que a estrutura atual da empresa poderia atingir na hipótese de ter disponível toda a água de que precisa. Na contabilização desse indicador de produção deve ser adotada a métrica mais adequada à produção da

empresa; como, por exemplo, medidas de volume ou massa (m³, toneladas, litros, etc.), no caso de empresas industriais; e número de colaboradores, no caso de empresas prestadoras de serviço. Se a empresa produz mais de um produto, e esses têm características distintas, pode calcular o indicador físico de dependência, DQa , separadamente para cada um deles.

Valoração

O método de valoração adotado é o do *custo de reposição* (Anexo 1), neste caso utilizado para estimar os custos que a empresa precisaria incorrer para repor a quantidade de água que demanda (portanto, da qual sua produção depende), mas não está disponível.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_d \times \$pa_{imp} + \$log_{ia}$$

No qual: $\$pa_{imp}$ = Preço da água importada (trazida de outra bacia hidrográfica), em R\$/m³; e $\$log_{ia}$ = Custos de logística com a importação da água, em R\$.

A determinação de $\$pa_{imp}$ pode ser feita diretamente com empresas de abastecimento de água. Para esta avaliação deve-se considerar a água nas condições de qualidade adequadas ao(s) uso(s) feito(s) pela empresa, independentemente da qualidade da água que vinha sendo captada.

A determinação de $\$log_{ia}$ também pode ser feita com empresas de abastecimento de água, já que a entrega do produto normalmente faz parte de seu portfólio de serviços, ou com outras empresas transportadoras. Caso seja necessário fazer algum ajuste de infraestrutura para receber a água comprada, os respectivos custos e quaisquer outros que se façam necessários, também devem ser incluídos em $\$log_{ia}$ nesse contexto.

Impacto

O impacto, neste caso, refere-se às consequências da escassez de água para as atividades da empresa.

Quantificação

Indicador físico: $Dh = Qa_i$

No qual: $Dh =$ Déficit hídrico que efetivamente compromete os níveis de produção, em m^3

A determinação de Qa_i deve ser feita nos mesmos termos descritos no tópico anterior sobre dependência.

Valoração

O método de valoração adotado é o do custo de reposição (Anexo 1), neste caso utilizado para estimar os custos necessários para repor o déficit hídrico (Dh).

Valor do impacto = $Dh \times \$pa_i + \log_{ia}

A determinação de $\$pa_i$ e $\$log_{ia}$ é feita nos mesmos termos descritos no tópico anterior sobre dependência.

Externalidade

A externalidade, neste caso, refere-se às consequências, para outros usuários de água, da escassez decorrente da captação e uso de água pela empresa em bacias hidrográficas cuja disponibilidade hídrica já esteja totalmente alocada para diferentes usuários.

Quantificação

Indicador físico: $Bh = Qa_{cap} - Qa_{dev}$

No qual: $Bh =$ Balanço hídrico do uso de água pela empresa, em m^3 ;

$Qa_{cap} =$ Quantidade de água captada, em m^3 ; e

$Qa_{dev} =$ Quantidade de água devolvida para o mesmo corpo d'água de onde foi captada, em m^3 .

A informação sobre o status atual da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica pode ser obtida de estudos técnicos, como mapas de estresse hídrico, bem

como relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA) e de agências de água de comitês de bacia locais ou regionais (Ex.: Comitê dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ, em São Paulo).

A devolução da água utilizada deve ser feita a montante do primeiro ponto de captação do usuário imediatamente à jusante da captação feita pela empresa de forma a garantir que nenhum usuário, especialmente na vizinhança da empresa, sofra escassez relacionada a Qa_{cap} , ao invés de Bh .

Valoração

O método de valoração adotado é o de custos de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os custos de repor a água utilizada pela importação de água de outra bacia hidrográfica que ainda tenha disponibilidade hídrica a alocar. Essa abordagem valora de fato a prevenção da externalidade, e não seus custos reais ou potenciais, e é mais relevante em um contexto estratégico para empresas que buscam investir em prevenção. No tópico de considerações importantes, logo abaixo, são indicados procedimentos metodológicos para a estimativa de custos reais e potenciais dessas externalidades.

Valor da externalidade = $Bh \times \$pa_i + \log_{ia}

No qual: $Bh =$ Balanço hídrico do uso de água pela empresa, em m^3 ;
 $\$pa_i =$ Preço da água importada, em $R\$/m^3$;
 $\$log_{ia} =$ Custos de logística com a importação de água, em $R\$$.

Considerações Importantes

No cômputo da *pegada hídrica*, azul ou verde, deve-se contabilizar o uso de água, e não apenas o consumo; ou seja, mesmo a água perdida no processo produtivo e a água utilizada indiretamente devem ser contabilizadas.

10 A pegada hídrica de uma empresa ou de uma de suas unidades corresponde a toda a água doce que é utilizada direta ou indiretamente em suas atividades. Basicamente, divide-se em *pegada azul*, *pegada verde* e *pegada cinza*. Mais informações em www.waterfootprint.org

11 Já existem estudos para diversos produtos, que podem ser livremente acessados sob o link "Product Water Footprints", no site: www.waterfootprint.org

O método de valoração chamado de *produtividade marginal* (ou *função dose-resposta* – Anexo 2), MPM, oferece uma valoração mais precisa na medida em que não é sensível às variações de preços de bens ou serviços substitutos ou complementares utilizados em métodos como o MCR e MCE, ou *método de custos evitados* (Anexo 3). Entretanto, o MPM demanda dados que podem ser difíceis de se obter e baseia-se em uma função dose-resposta que pode ser difícil de estimar.

No que se refere a impacto, caso não seja viável importar água, o valor do impacto será equivalente ao valor da produção sacrificada em função do déficit hídrico. Dessa forma, poderá ser estimado por intermédio do custo da produção sacrificada, caso não haja segurança de que essa produção seria efetivamente comercializada, ou via receita que seria obtida da venda da produção sacrificada – no caso de essa produção ter sido vendida antecipadamente – ou haver segurança de que seria vendida nos preços normalmente praticados pela empresa.

A valoração dos custos reais ou potenciais das externalidades, muitas vezes, é demorada e gera mais custos do que a abordagem voltada à prevenção indicada inicialmente. Isso ocorre em função da dificuldade de obter dados que representem fielmente os danos sofridos (ou previstos). Enfim, para estimar os custos reais ou potenciais dessas externalidades, é necessário primeiro identificar quais atores sofreram (sofreriam) com a falta de água e de que forma cada um deles foi (seria) afetado por essa escassez. De posse dessas informações, é possível proceder à valoração econômica com o método de *custos de reposição*, MCR, ou com o método de *produtividade marginal*, MPM. Com o MCR a valoração se baseará na reposição dos danos econômicos sofridos por cada usuário de água. Com o MPM, a valoração baseia-se na estimativa da perda de atividade econômica dos usuários impactados, a qual pode apresentar valores diferentes dos custos de sua reposição.

Quadro 7. Exemplo: provisão de água

A Anglo American possui uma planta industrial de ferroníquel em Barro Alto, Goiás, que teve investimento de US\$ 1,9 bilhão e foi inaugurada em dezembro de 2011. Ao longo de sua vida útil produzirá em média 36.000 t de níquel contido em ferroníquel por ano. O empreendimento tem importância estratégica, já que aumenta de 8% para 11% a participação da empresa no mercado (*market share*) internacional de ferroníquel.

No processo produtivo, a água é utilizada com a função de troca térmica nas etapas de granulação do metal, refrigeração dos fornos elétricos e granulação do silicato de magnésio (rejeito do processo). Toda água utilizada nessas etapas é reaproveitada no circuito, caracterizando, assim, uma operação com descarte zero de água e com uma taxa de recirculação média de 85%. Portanto, de toda água que entra no circuito, em média 2.000.000 m³ por mês, 15% necessita ser reposita devido às perdas por evaporação. Em média, esses 15% representam um volume de 300.000 m³, considerando-se uma variação entre os períodos de chuva (novembro a março) e estiagem (abril a outubro).

DEPENDÊNCIA

A planta utiliza o processo pirometalúrgico e conta com 2 fornos elétricos de alta potência na etapa de redução do minério, sendo que a refrigeração da carcaça desses fornos é dependente das trocas térmicas com a água; além do material fundido, no caso o metal a 1.500°C, que depende da água para ser granulado e se solidificar. Portanto, a água é um elemento essencial para este processo.

Quantificação

$$\begin{aligned}\text{Ano 1: } DQa &= Qa_d / Qp_{\max} \\ &= (2.000.000 + 300.000 \times 11) / 36.000 \\ &= 147,22 \text{ m}^3/\text{t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Demais anos: } DQa &= Qa_d / Qp_{\max} \\ &= (300.000 \times 12) / 36.000 \\ &= 100 \text{ m}^3/\text{t}\end{aligned}$$

O fornecedor que potencialmente teria capacidade de abastecer a planta de Barro Alto em caso de escassez de água na região seria a companhia de abastecimento de água do Estado de Goiás (SANEAGO), que atualmente cobra R\$ 5,98/m³. A planta de Barro Alto está afastada de áreas urbanas e por isso não é alcançada pela rede atual da SANEAGO. A cidade mais próxima de onde a rede poderia ser puxada fica a aproximadamente 50 km, e os

custos dessa extensão da rede certamente teriam de ser cobertos pela empresa. Na construção de seu atual sistema de captação em Barro Alto, a Anglo American precisou investir aproximadamente R\$ 250.000,00/km na instalação da tubulação, mais custos com indenização de proprietários das terras onde essa tubulação está instalada. Entretanto, em um cenário de escassez que justifique um investimento desse porte, provavelmente os proprietários rurais por onde a tubulação da SANEAGO passaria também sofrerão com falta de água e, por isso, assume-se aqui que não cobrariam indenização por receber a tubulação em suas terras, já que também se beneficiariam dessa nova fonte de água.

Valor da Dependência

$$\begin{aligned} \text{Ano 1} &= Q_{a_d} \times \$pa_{imp} + \$log_{ia} \\ &= (2.000.000 + 300.000 \times 11) \times 5,98 + (50 \times 250.000) \\ &= R\$ 44.194.000,00 \end{aligned}$$

No 1º mês do ano 1 seriam necessários 2.000.000 m³ de água para manter os níveis de produção, enquanto que nos demais meses seria necessário apenas repor a perda de 15% por evaporação. Mais ainda, nesse ano seriam amortizados os custos da extensão da rede de água.

$$\begin{aligned} \text{Demais anos} &= Q_{a_d} \times \$pa_{imp} + \$log_{ia} \\ &= (300.000 \times 12) \times 5,98 \\ &= R\$ 21.528.000,00 \end{aligned}$$

Nos anos seguintes bastaria repor a água perdida por evaporação.

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização por uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à TJLP¹² no ano de 2014, obtém-se:

$$\begin{aligned} \text{Valor em 10 anos, sem desconto} &= R\$ 215.280.000,00 \\ \text{Valor em 10 anos, com desconto} &= R\$ 166.233.509,56 \end{aligned}$$

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da provisão de água em 23%. Essa mesma depreciação ocorre para impactos e externalidades, mantidas as mesmas taxa e período.

IMPACTO

O impacto, neste caso, foi simulado, supondo uma redução parcial e permanente da disponibilidade hídrica da atual fonte de captação de água, cujo volume máximo a ser captado passa a ser 200.000 m³/mês.

Quantificação

$$\begin{aligned} Dh &= Q_{a_i} = Q_{a_d} - Q_{a_u} \\ &= 300.000 \text{ m}^3/\text{mês} - 200.000 \text{ m}^3/\text{mês} \\ &= 100.000 \text{ m}^3/\text{mês} \end{aligned}$$

Valor do impacto

$$\begin{aligned} \text{Ano 1} &= Dh \times \$pa_i + \$log_{ia} \\ &= (100.000 \times 12) \times 5,98 + (50 \times 250.000) \\ &= R\$ 19.676.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demais anos} &= Dh \times \$pa_i + \$log_{ia} \\ &= (100.000 \times 12) \times 5,98 \\ &= R\$ 7.176.000,00 \end{aligned}$$

EXTERNALIDADE

Assumindo o cenário hipotético no qual a bacia hidrográfica na qual a empresa capta sua água esteja com sua disponibilidade hídrica totalmente alocada, o uso de água pela empresa implicaria escassez de água à jusante e, conseqüentemente, em externalidade, especialmente se os usos a jusante fossem prioritários em relação ao uso industrial, como nos casos de abastecimento público e dessedentação de animais.

Quantificação

Indicador físico:

$$\begin{aligned} \text{Ano 1: } Bh &= Q_{a_{cap}} - Q_{a_{dev}} \\ &= (2.000.000 + 300.000 \times 11) - 0 \\ &= 5.300.000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demais anos: } Bh &= Q_{a_{cap}} - Q_{a_{dev}} \\ &= (300.000 \times 12) - 0 \\ &= 3.600.000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Valor da externalidade

$$\begin{aligned} \text{Ano 1: } Bh \times \$pa_i + \$log_{ia} &= 5.300.000 \times 5,98 + (50 \times 250.000,00) \\ &= R\$ 44.194.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demais anos: } Bh \times \$pa_i + \$log_{ia} &= 3.600.000 \times 5,98 \\ &= R\$ 21.528.000,00 \end{aligned}$$

Esse exemplo foi construído com fins didáticos e utiliza dados cedidos pela Anglo American.

¹² TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES

PROVISÃO DE BIOMASSA COMBUSTÍVEL

Diz respeito a toda matéria de origem vegetal ou animal que é utilizada como combustível. Nestas diretrizes é considerada apenas biomassa de origem vegetal. No caso deste serviço ecossistêmico, são avaliados dependência, impactos sofridos pela empresa e externalidades.

Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à quantidade de biomassa combustível necessária para a atividade da empresa.

Quantificação

Indicador físico: $DBc = Qb / Qtc$

Sendo $Qb = Qb_u + Qb_r$

No qual: DBc = Dependência de biomassa combustível, em percentual;
 Qb = Quantidade de biomassa necessária para as atividades da empresa (m^3 , tonelada, litros, etc.);
 Qtc = Quantidade total de combustíveis necessária para as atividades da empresa (m^3 , tonelada, litros, etc.);
 Qb_u = Quantidade de biomassa utilizada atualmente (m^3 , tonelada, litros, etc.);
 Qb_r = Quantidade de biomassa a ser repostada devido à indisponibilidade no período (m^3 , tonelada, litros, etc.).

Valoração

O método de valoração adotado é o de *preços de mercado*¹³, que neste caso utiliza o preço de mercado da biomassa combustível diretamente como estimativa de seu valor econômico para a empresa.

¹³ Neste caso, adota-se como estimativa de valor o preço de mercado da biomassa. Cabe ressaltar que o preço de mercado nem sempre é um bom estimador de valor econômico, pois está sujeito às distorções de mercado, como assimetria de informação, dificuldade de acesso ao mercado para alguns, em especial aqueles de baixo de poder aquisitivo, etc.

Valor da dependência = $Qb \times Pm_b$

Onde: Pm_b = Preço de mercado da biomassa, em R\$

Impacto

O impacto do uso de biomassa combustível nas atividades da empresa pode ser medido pela quantidade da fonte energética alternativa mais custo eficaz para a empresa e que seria necessária para substituir a biomassa indisponível no momento (Qb_r), ou então a biomassa que vinha sendo utilizada, mas foi perdida.

Quantificação

Indicador físico: $IBc = Qe_{alt} = Qb_r \times Fe_{pc}$

No qual: IBc = Impacto da perda (ou falta) de biomassa combustível; e

Qe_{alt} = Quantidade da alternativa energética mais efetiva em custo, em suas respectivas unidades (m^3 , kW, MW, tonelada, litros, etc.); e

Fe_{pc} = Fator de equivalência de potencial calorífico que ajuste a quantidade da fonte energética alternativa para que gere o mesmo potencial calorífico que a biomassa considerada.

A quantidade da alternativa energética mais efetiva em custo, Qe_{alt} , deve ser equivalente à quantidade de biomassa demandada que nunca esteve disponível ou de biomassa que vinha sendo utilizada, mas foi perdida por algum motivo, como queda na produção (Qb_r). O fator de equivalência de potencial calorífico, Fe_{pc} , pode ser obtido de dados secundários diretamente, ou deduzido dos potenciais caloríficos individuais da biomassa (Pc_b) e da fonte alternativa (Pc_{alt}) da seguinte forma: $Fe_{pc} = Pc_b / Pc_{alt}$ com especial atenção na conversão de unidades entre as duas fontes energéticas.

Valoração

O método de valoração adotado é o de custos de reposição (Anexo 1), que, neste caso, utiliza diretamente os preços de mercado da biomassa combustível e de sua alternativa energética mais custo eficaz como referência para estimar o valor monetário da opção pela biomassa.

Valor do impacto = $Qe_{alt} \times Pm_{alt} - Qb_r \times Pm_b$

No qual: Pm_{alt} = Preço de mercado da alternativa energética mais custo eficaz, em R\$

Externalidades

As externalidades, neste caso, são analisadas em duas perspectivas: a) mudanças de uso da terra decorrente da produção de biomassa; b) emissões de GEE evitadas derivadas de combustíveis fósseis, caso algum combustível fóssil for a alternativa energética mais custo-eficaz para a empresa.

No 1º caso são caracterizadas como externalidades as mudanças de uso da terra que removam atividades econômicas que estejam gerando benefícios para outras partes interessadas, em especial a produção de alimentos. Apenas devem ser consideradas mudanças de uso da terra decorrentes diretamente da demanda da empresa por biomassa.

No 2º caso, quando a alternativa energética mais efetiva em custo para a empresa for algum tipo de combustível fóssil, estimam-se suas emissões de GEE. Como o uso de biomassa implica emissões evitadas dessa alternativa fóssil, é considerado externalidade positiva.

Quantificação

Indicador físico 1: $EBC_{mut} = Paer \times A$

No qual: EBC_{mut} = Externalidade associada à mudança de uso da terra em favor da produção de biomassa combustível;

$Paer$ = Produtividade anual média da atividade econômica removida, por unidade de área; e

A = Área da atividade econômica removida.

A estimativa de EBC_{mut} deve considerar toda a área cuja atividade econômica foi substituída por produção de biomassa adquirida pela empresa. Por exemplo, se a produção de biomassa comprada pela empresa substituiu a produção de leite em uma área de 10 ha cuja produtividade era de 100 litros/ha x ano, então $Pae_r = 100 \text{ l/ha} \times 10 \text{ ha} = 1000 \text{ l/ano}$.

Indicador físico 2: $EBC_{af} = Qalt_f \times FEalt_f$

No qual: EBC_{af} = Externalidade decorrente de emissões evitadas de GEE da alternativa energética mais efetiva em custo para a empresa se essa alternativa for combustível fóssil, em $tCO_2 e$;

$Qalt_f$ = Quantidade da alternativa energética fóssil que seria necessária para substituir a biomassa utilizada pela empresa, em unidades como m^3 , litro ou tonelada; e

$FEalt_f$ = Fator de emissão da alternativa energética fóssil mais efetiva em custo para a empresa.

O cálculo de EBC_{af} pode ser feito integralmente com a ferramenta de cálculo do *Programa Brasileiro GHG Protocol*, de livre acesso na internet¹⁴.

Valoração

O método de valoração adotado para o indicador 1 é o de *custo de oportunidade* (Anexo 4)¹⁵, que neste caso estima o valor monetário da atividade econômica suprimida em favor de produção de biomassa.

O método de valoração adotado para o indicador 2 é o de *custos de reposição* (Anexo 1), aqui utilizado para estimar os gastos que teoricamente seriam necessários para compensar prováveis impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade, caso a biomassa combustível consumida pela empresa fosse substituída por combustíveis fósseis¹⁶.

Valor total das externalidades = $VEBC1 + VEBC2$

Sendo: $VEBC1 = EBC_{mut} \times Pmae_r$;
 $VEBC2 = EBC_{af} \times CSC$;

No qual: $Pmae_r$ = Preço de mercado do produto ou serviço da atividade econômica removida pela expansão da produção de biomassa combustível, em R\$;
 CSC = Custo social do carbono, em R\$

O valor de CSC adotado neste guia é de US\$ 38,00, conforme calculado pelo governo norte-americano (maiores detalhes no Anexo 5), e deve ser convertido em reais pela cotação oficial do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro¹⁷.

Considerações Importantes

Resíduos da produção agrícola ou florestal não geram mudança de uso da terra; portanto, não devem ser considerados em $VEBC1$ ou Pae_r .

Mudanças de uso da terra decorrentes da produção de biomassa que impliquem desmatamento, mas não em substituição de atividade econômica, também geram externalidade. Entretanto, como esse tipo de externalidade já é mensurado e valorado na análise para *regulação de clima*, não foi repetido aqui para evitar dupla contagem. Isso inclui tanto madeira como resíduos florestais.

A quantificação e valoração da externalidade caracterizada por emissões de GEE decorrentes do uso de biomassa são também estimadas nas diretrizes para o serviço ecossistêmico *regulação do clima* e por isso não foram novamente desenvolvidas para este serviço ecossistêmico. Se a empresa entende que essas informações são relevantes para suas análises de biomassa, pode utilizar as diretrizes para *regulação do clima* para obtê-las.

14 Site de Programa Brasileiro GHG Protocol: www.ghgprotocolbrasil.com.br

15 Custo de oportunidade é definido por (DAILY & FARLEY, 2010) como "a melhor alternativa da qual se desiste quando uma escolha é feita".

16 Trata-se, portanto, do mesmo método adotado para o serviço ecossistêmico *Regulação do Clima Global*.

17 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: www.bcb.gov.br/?txcambio

Quadro 8. Exemplo: provisão de biomassa combustível

Uma empresa processadora de alimentos utiliza 1.500 t de lenha de reflorestamento de eucalipto por ano como combustível para suas caldeiras. Suas instalações, todavia, possuem capacidade para um aumento de produção que demandaria um consumo energético 20% maior, caso os fornecedores locais tivessem capacidade de aumentar sua produção de lenha.

DEPENDÊNCIA

A planta industrial não funciona sem a energia obtida das caldeiras, o que torna a produção integralmente dependente do fornecimento de lenha.

Quantificação

$$\begin{aligned} DBc &= Qb/Qtc \\ &= (Qb_r + Qb_r)/Qtc \\ &= (1.500 + 300)/1.800 = 100\% \end{aligned}$$

O preço da lenha foi cotado a R\$ 500,00/t, incluído o frete.

$$\begin{aligned} \text{Valor da dependência} &= Qb \times Pm_b \\ &= 1.800 \times 500,00 \\ &= R\$ 900.000,00 \end{aligned}$$

IMPACTO

Não há linha de transmissão de eletricidade nos arredores da planta industrial, sendo que a alternativa mais custo eficaz para substituir a biomassa indisponível Qb_r é o óleo diesel.

Quantificação

Sendo o poder calorífico do quilo de lenha aproximadamente 50% do poder calorífico do litro de óleo diesel, para substituir as 300 t de lenha de reflorestamento que estão indisponíveis são necessários aproximadamente 150.000 l de óleo diesel.

$$\begin{aligned} IBC &= Qe_{alt} = Qb_r^{18} \times Fe_{pc} \\ &= 300.000 \times 50\% \\ &= 150.000 \text{ l de óleo diesel} \end{aligned}$$

O preço do óleo diesel foi cotado a R\$ 2,40/l, incluído o frete.

$$\begin{aligned} \text{Valor do impacto} &= Qe_{alt} \times Pm_{alt} - Qb_r \times Pm_b \\ &= 150.000 \times 2,40 - 300 \times 500,00 \\ &= R\$ 360.000,00 - R\$ 150.000,00 \\ &= R\$ 210.000,00 \end{aligned}$$

EXTERNALIDADES

Dois tipos de externalidades podem ser caracterizados neste caso: a) substituição de áreas de agricultura familiar para a produção de lenha de reflorestamento; b) emissões evitadas em função de a biomassa substituir o óleo diesel como combustível das caldeiras.

Quantificação

A produtividade média de florestas de eucalipto na região é de 50 m³/ha ano, equivalendo a aproximadamente 700 kg de lenha/ha. Sendo assim, para suprir a demanda de 1500 t anuais de lenha são necessários aproximadamente 2.200 ha de florestas de produção de lenha. Desse montante, pelo menos 200 ha substituíram áreas de pecuária leiteira de subsistência (1 animal/ha), cuja produtividade era de 1.500 l/ha x ano.

$$\begin{aligned} (1) EBC_{mut} &= Pae_r \times A \\ &= 1.500 \times 200 \\ &= 300.000 \text{ l de leite por ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) EBC_{af} &= Qalt_f \times FEalt_f \\ &= 150.000 \times 2,63^1 \\ &= 394.500 \text{ kgCO}_2\text{e} = 394,5 \text{ tCO}_2\text{e} \end{aligned}$$

O preço do litro de leite foi cotado na região a R\$ 1,15.

$$\begin{aligned} \text{Valor das externalidades} &= EBC_{mut} \times Pmae_r + EBC_{af} \times CSC \\ &= 300.000 \times 1,15 + 394,5 \times (38,00 \times 2,50) \\ &= R\$ 382.477,50 \end{aligned}$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$ 2,50/US\$

1 Fator apenas para CO₂.

2 Estimado por meio da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol com base nos fatores conhecidos para o diesel comercial (o diesel comercial não é puro) e considerando-se também os fatores para CH₄ e N₂O.

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a documentos técnicos disponíveis na internet.

18 Convertendo 300 t para kg, pois o fator de poder calorífico foi calculado com base em kg de lenha



REGULAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Diz respeito à qualidade da água necessária às atividades da empresa, considerada em suas 3 dimensões fundamentais:

- Física: sólidos em suspensão, temperatura¹⁹, etc.;
- Química: presença e concentração de substâncias provenientes de efluentes de processos industriais, defensivos e fertilizantes agrícolas, esgotos domésticos, etc.; e
- Biológica: presença de microrganismos, em especial patogênicos.

São aqui abordados dependência, impacto sofrido pela empresa e externalidade. Diagramas ilustrativos dos conceitos de dependência e impacto aqui adotados são apresentados no Apêndice 2. O conceito de externalidade é facilmente dedutível a partir do conceito de impacto.

Dependência

Refere-se à contribuição de ecossistemas para a qualidade da água utilizada pela empresa. Exemplos: prevenção da erosão que aumenta a quantidade de sólidos em suspensão nas águas superficiais, regulação da temperatura da água, decomposição de esgotos domésticos e fertilizantes agrícolas e o controle biológico de microrganismos patogênicos.

A diferença entre a qualidade da água em decorrência da redução quase total ou ausência de serviços ecossistêmicos – qualidade mínima – e a qualidade da água que a empresa necessita para manter suas atividades (até o limite de qualidade que o ecossistema pode prover) – qualidade ideal – representarão a dependência que a empresa tem desse serviço ecossistêmico.

¹⁹ Ecossistemas tem a propriedade de regular a temperatura, prevenindo, assim, grandes variações térmicas. Nesse sentido, águas com temperatura elevada (como água utilizada em sistemas de resfriamento) lançadas no meio ambiente e que possam impactar negativamente a atividade biológica local tendem a ter seu calor dissipado mais rapidamente por ecossistemas em bom estado de conservação, reduzindo, assim, os danos causados à biota local.

Quantificação

Indicador físico: $DQIa = QIa_{min} - QIa_{ideal}$

No qual: $DQIa$ = Dependência da empresa em relação ao Serviço Ecossistêmico de Regulação da Qualidade da Água;

QIa_{min} = Qualidade mínima da água em seu ponto de captação, na unidade de medida do parâmetro que está sendo avaliado, sob níveis mínimos de regulação ecossistêmica, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente degradados; e

QIa_{ideal} = Qualidade ideal da água necessária para as operações da empresa, na unidade de medida do parâmetro que está sendo avaliado, no ponto de captação.

A quantificação de $DQIa$ deve ser feita individualmente para cada um dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que forem importantes para a empresa.

No caso de parâmetros que tenham relação diretamente proporcional à qualidade da água, ou seja, nos quais quanto maior seu valor estimado, maior será a qualidade da água, suas estimativas ou medições devem ser multiplicadas por -1.

Na falta de informações mais precisas, pode-se adotar para QIa_{min} o pior nível já observado (registrado) no corpo d'água para o parâmetro de interesse. Essa referência, entretanto, pode não representar de fato o pior nível possível de qualidade da água na região estudada.

Uma alternativa interessante para estimar QIa_{min} é a utilização de modelos hidrológicos que simulem a ausência ou baixos níveis de provisão desse serviço ecossistêmico, como áreas com solo exposto (sem cobertura vegetal), por exemplo. A cobertura vegetal protege o solo da erosão, reduzindo, assim, a quantidade de sólidos em suspensão que resultam na turbidez da água de rios e outros mananciais. No caso específico de sólidos em suspensão, QIa_{min} pode ser estimada com o modelo representado pela equação geral de perda dos solos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008) e uma taxa de aporte de sedimentos

no corpo d'água (ver diretrizes para o serviço ecossistêmico de regulação de erosão de solo). O modelo InVEST²⁰ é uma boa alternativa para obter estimativas de QIa_{min} para diversos parâmetros de qualidade da água. O ideal é ter dados específicos para a bacia hidrográfica de interesse, mas, na ausência de dados específicos, podem ser adotadas estimativas com base em estudos feitos em outras bacias hidrográficas de características semelhantes.

QIa_{ideal} será dada pelos parâmetros de qualidade da água necessária para as operações da empresa e especificados por ela. Se a empresa não tiver parâmetros próprios, deve adotar como referência os padrões e alguma das classes definidas na legislação brasileira, em especial a Resolução CONAMA 357/2005²¹. Os padrões previstos na classe especial da CONAMA 357/2005 constituirão os níveis máximos de QIa_{ideal} , já que há um limite para a qualidade da água que pode ser provida por ecossistemas naturais. Qualidades de água superiores terão de ser obtidas por meio de processos tecnológicos específicos que, por não se tratarem de serviços ecossistêmicos, não devem ser considerados nesta análise.

Valoração

O método de valoração adotado é o do *custo de reposição* (Anexo 1), que, neste caso, estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade da água perdida na hipótese de ausência do serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água.

Valor da dependência = $Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$

No qual: Qa_{cap} = Quantidade de água captada, em m³;

$\$T_a$ = Custo do tratamento da água do nível de qualidade QIa_{min} para o nível de qualidade QIa_{ideal} em R\$/m³; e

I_{eta} = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em R\$.

20 InVEST: www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html

21 Resolução CONAMA 357/2005: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459

A variável Qa_{cap} deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa. Já $\$T_a$ e I_{eta} podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água. Os investimentos na ETA podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

Esse método de valoração da dependência é válido inclusive no caso em que a empresa compra sua água já tratada, pois o tratamento da água do nível de qualidade Qla_{min} para o nível de qualidade Qla_{ideal} é necessário independentemente de ser feito pela própria empresa ou por outra empresa cujo negócio é a venda de água tratada. Os custos podem variar em função da adoção de diferentes tecnologias e escalas de operação, mas a lógica do método é válida para ambas as situações. No caso de a água ser comprada, basta substituir o componente $\$T_a + I_{eta}$ da fórmula acima pelo preço pago pela água.

Impacto

Refere-se às consequências da perda de qualidade da água captada pela empresa e que resultam em perdas ou danos à produção, ou na necessidade de ações de mitigação e compensação. Para tanto, são consideradas a qualidade ideal da água para a empresa e que poderia ser obtida na captação (qualidade resultante da conservação de serviços ecossistêmicos) e a qualidade real ou efetivamente observada na água que tem sido captada.

Enquanto que no caso de dependência, descrito acima, é avaliada a diferença entre a qualidade ideal e a pior qualidade possível no ponto de captação, no caso de impacto é avaliada a diferença entre a qualidade ideal e a qualidade efetivamente obtida (real) no ponto de captação.

Quantificação

Indicador físico: $IQla = Qla_{cap} - Qla_{ideal}$

No qual: $IQla$ = Impacto da ausência ou limitação de serviços ecossistêmicos na regulação da qualidade da água captada pela empresa;

Qla_{cap} = Qualidade de água captada pela empresa;

Qla_{ideal} = Qualidade ideal da água necessária para as operações da empresa, em seu ponto de captação.

Caso $IQla$ indique impacto positivo, esse deve ser considerado já que a empresa não tem como se beneficiar de uma água com qualidade superior à que necessita.

Qla_{cap} deve ser determinada por análise laboratorial, seja ela feita nas próprias dependências da empresa, por equipe interna especializada, ou então contratada de laboratórios especializados. Todos os parâmetros de qualidade da água relevantes para as atividades da empresa devem ser avaliados.

Para empresas que compram sua água já tratada, mas mesmo assim queiram estimar $IQla$, pode-se adotar o corpo de água mais próximo e passível de ter outorga emitida como referência para a coleta de água e determinação de Qla_{cap} . Qla_{ideal} já foi discutido acima, no contexto de dependência.

Valoração

O método de valoração adotado é o do *custo de reposição* (Anexo 1), que, neste caso, estima os gastos necessários para compensar a perda de qualidade da água decorrente de perda ou redução da regulação ecossistêmica da qualidade da água.

Valor do impacto = $Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$

No qual: Qa_{cap} = Quantidade de água captada, em m^3 ;
 $\$T_a$ = Custo do tratamento da água do nível de qualidade Qla_{cap} para o nível de qualidade Qla_{ideal} em $R\$/m^3$; e
 I_{eta} = Investimento efetivo feito na estação de tratamento da água, em $R\$$.

As variáveis $\$T_a$ e I_{eta} já foram discutidas anteriormente no contexto de valoração de dependência.

No caso em que a empresa compra sua água já tratada, o valor do impacto será equivalente aos gastos com a compra da água.

Externalidades

Referem-se às consequências, sobre outros usuários de água e sem a devida compensação, das atividades da empresa sobre a regulação ecossistêmica da qualidade da água.

Não deve ser considerado o lançamento de efluentes líquidos nesta análise. Estes são objeto específico das diretrizes para o serviço ecossistêmico “assimilação de efluentes líquidos”. Assume-se aqui a premissa de que poluentes gerados pelas atividades da empresa podem extrapolar a capacidade dos ecossistemas locais de assimilá-los e degradá-los naturalmente. Devem ser aqui consideradas fontes de poluição difusa, como erosão de solos e agroquímicos, por exemplo.

Quantificação

Indicador físico: $EQI_a = QI_{a_m} - QI_{a_j}$

No qual: EQI_a = Externalidade, ou impacto das atividades da empresa na qualidade da água utilizada por outros usuários que não a própria empresa;
 QI_{a_m} = Qualidade da água a montante das atividades da empresa; e
 QI_{a_j} = Qualidade da água a jusante das atividades da empresa.

QI_{a_m} e QI_{a_j} devem ser determinadas por análise laboratorial, seja ela feita nas próprias dependências da empresa por equipe interna especializada ou contratada de laboratórios especializados.

Todos os parâmetros de qualidade da água relevantes para os diferentes usos de solo a jusante das atividades da empresa devem ser avaliados. Na falta de informações sobre quais são esses parâmetros de interesse, devem ser analisados todos os parâmetros listados pelas normas oficiais de qualidade da água vigentes na região, ou pela CONAMA 357/2005.

Valoração

O método de valoração adotado é o de *custos evitados* (ou gastos defensivos – Anexo 3), que neste caso estima os gastos necessários para prevenir a perda de qualidade da água em função de fontes de poluição difusa sob responsabilidade da empresa.

Essa abordagem, portanto, não valora os custos reais ou potenciais da externalidade caso ela ocorra de fato, e é mais relevante em um contexto estratégico para empresas que buscam investir em prevenção. No tópico de considerações importantes, abaixo, são indicados procedimentos metodológicos para a estimação de custos reais e potenciais dessas externalidades.

Valor da externalidade = $\$GP_{pd}$

No qual: $\$GP_{pd}$ = Gastos com ações necessárias para controlar ou eliminar as fontes de poluição difusa oriundas das atividades da empresa ou de áreas sob seu controle.

As ações necessárias para a contenção de fontes de poluição difusa são diversas e dependem da natureza dessas fontes. Todas essas ações, entretanto, podem ser orçadas junto a empresas de consultoria ambiental, conservação e remediação de solos e áreas afins.

Exemplos de ações de contenção de fontes de poluição difusa compreendem: revegetação de áreas de alto risco de erosão do solo, plantio direto em substituição à técnica de aragem do solo para agricultura, substituição de compostos nitrogenados fertilizantes por adubação verde, investimentos em controle biológico para redução do uso de defensivos agrícolas, canalização e tratamento de esgotos, etc.

Considerações Importantes

Pela característica da perda da qualidade da água entre os pontos a montante e a jusante das atividades da empresa, é possível inferir os tipos de poluição difusa que estão afetando o corpo d'água, o que ajudará na definição de estratégias para reduzir externalidades.

No caso de QI_{a_j} , deve-se tomar cuidado para não considerar impactos de efluentes nas medições. Isso pode ser feito ou coletando as amostras de água imediatamente antes do lançamento de efluentes, quando o ponto de lançamento estiver localizado realmente a jusante das atividades da empresa, ou descontando

a carga poluente dos efluentes da carga poluente encontrada na amostra para determinação de QIa_j , o que não deve ser difícil de fazer se houver um controle efetivo da carga poluente dos efluentes lançados.

A valoração dos custos reais ou potenciais dessas externalidades muitas vezes é demorada e mais cara do que a abordagem de prevenção. Isso ocorre em função da dificuldade em obter dados que representem de forma realista os danos sofridos (previstos). Para estimar os custos reais ou potenciais dessas externalidades é necessário primeiro identificar quais atores sofreram (sofreriam) com a perda de qualidade da água e de que forma cada um deles foi (seria) afetado. De posse dessas informações pode-se proceder a valoração econômica pelo método de custos de reposição (MCR, Anexo 1), no sentido de repor os danos sofridos por cada usuário de água prejudicado, ou pelo método de *produtividade marginal* (MPM, Anexo 2), valorando, assim, a perda de produtividade na atividade econômica dependente de água que tais usuários desenvolviam. Quando possível, deve ser dada preferência ao método MPM – que se utiliza de dados específicos do bem ou serviço impactado por ser esse menos sujeito a distorções quando comparado ao MCR –, que é dependente dos mercados de bens ou serviços substitutos.

Os investimentos na ETA podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

Quadro 9. Exemplo: regulação da qualidade da água

Uma empresa de alimentos utiliza 10.000 m³/ano de água tanto em seu processo produtivo como para a limpeza de suas instalações. A água utilizada no processo produtivo não é incorporada ao produto, mas para que não prejudique a qualidade dos produtos precisa ter um nível de sólidos em suspensão máximo de 40 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), equivalente à classe 1 de água doce segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

DEPENDÊNCIA

Um modelo hidrológico da bacia no qual a empresa possui sua captação indica que, considerando-se as características locais de solo e relevo, a ausência de vegetação nativa nas áreas ciliares e de proteção de encostas implicaria um aumento da turbidez para aproximadamente 350 UNT no ponto de captação da empresa.

Quantificação

$$\begin{aligned} DQIa &= QIa_{\min} - QIa_{\text{ideal}} \\ &= 350 - 40 \\ &= 310 \text{ UNT} \end{aligned}$$

O custo aproximado para o tratamento de turbidez da água é de R\$ 0,1233/m³. A infraestrutura da ETA foi estimada em R\$ 300.000,00 e o custo de mão de obra para sua operação foi estimado em R\$ 120.000,00/ano.

Valor da dependência

$$\begin{aligned} \text{Ano 1} &= Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} \\ &= 10.000 \times 0,1233 + (300.000 + 120.000) \\ &= \text{R\$ } 421.233,00 \end{aligned}$$

A empresa optaria por amortizar todos os custos de instalação da ETA no 1º ano, já que esses custos seriam incorporados integralmente nos demonstrativos financeiros desse mesmo ano.

$$\begin{aligned} \text{Demais anos} &= Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} \\ &= 10.000 \times 0,1233 + 120.000 \\ &= \text{R\$ } 121.233,00 \end{aligned}$$

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização a uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à $TJLP^{22}$ no ano de 2014, obtém-se:

22 TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES

Valor em 10 anos, sem desconto = R\$ 1.212.330,00

Valor em 10 anos, com desconto = R\$ 936.129,09

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da regulação da qualidade da água em 23%. Essa mesma depreciação ocorre para impactos e externalidades, mantidas as mesmas taxa e período.

IMPACTO

A bacia hidrográfica na qual a empresa capta água vem perdendo sua cobertura vegetal nativa nos últimos anos, e os níveis atuais de turbidez da água variam por volta de 120 UNT.

Quantificação

$$\begin{aligned} IQIa &= QIa_{cap} - QIa_{ideal} \\ &= 120 - 40 \\ &= 80 \text{ UNT} \end{aligned}$$

O custo aproximado para o tratamento de turbidez da água é de R\$ 0,1003/m³ e a infraestrutura da ETA é a mesma estimada no caso da dependência.

Valor do impacto

$$\begin{aligned} \text{Ano 1} &= Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} \\ &= 10.000 \times 0,1003 + (300.000 + 120.000) \\ &= \text{R\$ } 421.003,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demais anos} &= Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} \\ &= 10.000 \times 0,1003 + 120.000 \\ &= \text{R\$ } 121.003,00 \end{aligned}$$

EXTERNALIDADE

A empresa possui 50 ha de área que não é utilizada em suas atividades produtivas, mas que foram anteriormente desmatadas e encontram-se sob processos erosivos. A turbidez a jusante foi estimada em 180 UNT. A restauração dessas áreas, que reduziria os processos erosivos e contribuiria com a retenção de sedimentos provenientes da erosão, foi estimada em R\$ 20.000,00/ha, incluindo custos de manutenção por 2 anos.

Quantificação

$$\begin{aligned} EQIa &= QIa_m - QIa_j \\ &= 120 - 180 \\ &= - 60 \text{ UNT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor da externalidade} &= \$GP_{pd} \\ &= 50 \times 20.000,00 \\ &= \text{R\$ } 1.000.000,00 \end{aligned}$$

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a empresas de consultoria em saneamento ambiental e documentos técnicos disponíveis na internet.

Os custos para tratamento de turbidez foram extraídos de Constantino e Yamamura (2009) e atualizados pelo IPCA (projetado em 6,50% para 2013).





REGULAÇÃO DA ASSIMILAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Diz respeito à capacidade dos ecossistemas em diluir, assimilar e decompor efluentes líquidos de forma que não alterem significativamente a qualidade da água a jusante do ponto onde forem lançados.

A dependência da empresa em relação a esse serviço ecossistêmico é dada pela capacidade dos ecossistemas de mitigar ou mesmo neutralizar os danos que os efluentes lançados pela empresa possam causar. O valor dessa dependência, portanto, equivale ao valor da externalidade negativa causada pelo lançador, pois nessa situação outros atores sociais, localizados a jusante do ponto de lançamento de efluentes, sofrerão as consequências da degradação ambiental causada pelos efluentes da empresa.

A própria empresa não é diretamente afetada por esses efluentes; e, portanto, não há impactos sofridos pela empresa a avaliar (se a empresa for afetada por seus próprios efluentes, esse impacto será captado pelas diretrizes para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água).

As diretrizes para quantificação e valoração desse serviço ecossistêmico foram, então, direcionadas a externalidades negativas. O foco em externalidade, em detrimento da noção de dependência, visa aproximar a análise de ações de gestão voltadas à prevenção de danos a atores sociais situados a jusante do ponto de lançamento de efluentes pela empresa.

Externalidade

Refere-se à degradação da qualidade de corpos d'água a jusante do ponto de lançamento de efluentes pela empresa em função de sua carga poluidora, afetando, assim, a qualidade da água disponível para outros atores sociais.

Quantificação

Indicador físico: $Ee = Pc_{max} - Pc$

No qual: Ee = Externalidade do efluente relativa ao parâmetro analisado;

Pc_{max} = Concentração máxima do parâmetro no corpo d'água por m^3 de água, que garanta que não haverá alteração significativa da qualidade da água; e

Pc = Concentração do parâmetro por m^3 de efluente bruto (não tratado), na mesma unidade utilizada em Pc_{max} .

A quantificação de E_e deve ser feita para cada um dos parâmetros (poluentes) identificados nos efluentes lançados pela empresa.

P_c deve ser determinada por análise laboratorial, seja ela feita nas próprias dependências da empresa, por equipe especializada, ou então contratada de laboratórios especializados.

$P_{c_{max}}$ pode ser obtida de normas e padrões de qualidade da água que tenham jurisdição na área onde se encontra o corpo d'água de interesse, sendo que padrões definidos pela legislação devem ser considerados como os limites menos restritivos a serem aceitos para essa análise como referência.

Valoração

O método de valoração adotado é o de *custos evitados* (ou gastos defensivos – Anexo 3), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para prevenir a perda de qualidade da água no ponto de lançamento de efluentes.

Essa abordagem, portanto, não valora os custos reais ou potenciais da externalidade negativa, caso ela ocorra de fato. A abordagem adotada para essas diretrizes é relevante em um contexto estratégico para empresas que buscam investir em prevenção. No tópico de considerações importantes, logo abaixo, são indicados procedimentos metodológicos para a estimação de custos reais e potenciais dessas externalidades.

$$\text{Valor da externalidade} = Q_{e_{lan}} \times \$T_e + I_{ete}$$

No qual: $Q_{e_{lan}}$ = Quantidade de efluentes lançados, em m^3 ;

$\$T_e$ = Custo do tratamento de efluente do nível de qualidade P_c para o nível de qualidade $P_{c_{max}}$ em $R\$/m^3$; e

I_{ete} = Investimento que seria necessário para instalar e operar uma estação de tratamento de efluentes capaz de atingir os padrões de qualidade previstos em $P_{c_{max}}$ em $R\%$.

As variáveis $\$T_e$ e I_{ete} podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de efluentes. Já $Q_{e_{lan}}$ deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa.

Considerações Importantes

Se $P_c < P_{c_{max}}$ não será necessário tratar o efluente, $\$T_e$ e I_{ete} serão = 0 e, portanto, $Q_{e_{lan}} = 0$, o que significa que não há externalidade.

A valoração dos custos reais ou potenciais dessas externalidades costuma ter custos mais elevados e prazo de aplicação mais longo do que a abordagem de prevenção. Isso ocorre em função da dificuldade em obter dados que representem de forma realista os danos sofridos (previstos). Para estimar os custos reais ou potenciais dessas externalidades é necessário primeiro identificar quais atores sofreram (sofreriam) com a perda de qualidade da água e de que forma cada um deles foi (seria) afetado. De posse dessas informações pode-se proceder à valoração econômica pelo método de custos de reposição (MCR, Anexo 1), no sentido de repor os danos sofridos por cada usuário de água prejudicado, ou pelo método de produtividade marginal (MPM, Anexo 2), valorando, assim, a perda de produtividade na atividade econômica dependente de água que esses usuários impactados desenvolviam. Quando possível, deve ser dada preferência ao método MPM –, que se utiliza de dados específicos do bem ou serviço impactado, por ser este menos sujeito a distorções quando comparado ao MCR –, que é dependente dos mercados de bens ou serviços substitutos.

No que se refere aos investimentos em capitais físico e tecnológico relacionados à ETE, esses podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

Quadro 10 – Exemplo: assimilação de efluentes líquidos

Uma indústria produz 240.000 t de papel por ano. O consumo de água pelo processo industrial é intenso, gerando aproximadamente 100 m³ de efluentes líquidos por tonelada de papel produzido. Esses efluentes, caracterizados pela presença de cloro na concentração média de 0,74 mg/l Cl, são descartados em um rio próximo, cujas águas atendem ao padrão 0,01 mg/l Cl da classe I da resolução CONAMA 357/2005.

EXTERNALIDADE

Para prevenir impactos ambientais e socioeconômicos a jusante de suas instalações, a empresa se comprometeu a tratar seus efluentes até o limite em que se tornem assimiláveis pelo ecossistema do rio, garantindo, assim, que seja mantida a qualidade da água que atende aos demais usuários a jusante do rio.

Quantificação

$$\begin{aligned} Ee &= P_{c_{\max}} - P_c \\ &= 0,01 - 0,74 \\ &= - 0,73 \text{ mg/l Cl} \end{aligned}$$

O custo aproximado para o tratamento do efluente é de R\$ 0,20/m³; a infraestrutura da ETE foi estimada em R\$ 500.000,00 e o custo de mão de obra para sua operação foi estimado em R\$ 240.000,00/ano.

Valor da externalidade

$$\begin{aligned} \text{Ano 1} &= Qe_{\text{lan}} \times \$T_e + I_{\text{ete}} \\ &= (240.000 \times 100) \times 0,20 + 740.000 \\ &= \text{R\$ } 5.540.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demais anos} &= Qe_{\text{lan}} \times \$T_e + I_{\text{ete}} \\ &= (240.000 \times 100) \times 0,20 + 240.000 \\ &= \text{R\$ } 5.040.000,00 \end{aligned}$$

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização a uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à TJLP²³ no ano de 2014, obtém-se:

Valor em 10 anos, sem desconto = R\$ 50.400.000,00

Valor em 10 anos, com desconto = R\$ 38.917.544,04

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da regulação da assimilação de efluentes líquidos em 23%.

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a empresas de consultoria em saneamento ambiental e documentos técnicos disponíveis na internet.

23 TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES



REGULAÇÃO DO CLIMA GLOBAL

O serviço ecossistêmico de regulação do clima assumiu papel de destaque no contexto das mudanças climáticas. O aquecimento global está diretamente relacionado ao aumento da concentração de GEE, em especial CO_2 , e os ecossistemas têm papel importante na regulação da concentração desse gás.

A regulação do clima por meio de serviços ecossistêmicos está basicamente relacionada: a) à capacidade dos ecossistemas de remover dióxido de carbono (CO_2) atmosférico e fixá-lo na forma de biomassa (Balanço de Remoções, *Rb*, e Emissões, *Eb*); e, b) à manutenção dos estoques de carbono já fixado em biomassa (desmatamento evitado), prevenindo, assim, novas emissões de CO_2 e, eventualmente, de metano (CH_4). A queima e a decomposição de biomassa podem ser chamadas de emissões biogênicas.

Não foram definidas diretrizes metodológicas para dependências ou impactos no caso desse serviço ecossistêmico em função de não haver ainda modelos capazes de estimar localmente e de forma robusta os potenciais impactos locais das mudanças do clima. É sabido que tais impactos podem ser agudos, na forma de eventos extremos como secas e enchentes, por exemplo, ou crônicos, como aumento contínuo e permanente da temperatura. Mas, em função da diversidade de condições ambientais, sociais e econômicas nas quais as empresas atuam, ainda não foi possível mapear com maior precisão esses impactos potenciais.

Dessa forma, as externalidades tornam-se o foco de quantificação e valoração para esse serviço ecossistêmico. As externalidades, por sua vez, foram subdivididas em emissões líquidas e desmatamento evitado.

Externalidades

Emissões líquidas. As externalidades são aqui caracterizadas quando as atividades da empresa provocam, direta ou indiretamente: a) remoção com decomposição ou queima de biomassa com menos de 30 anos²⁴; ou b) formação de biomassa permanente, ou seja, biomassa que não esteja sujeita a remoção e posterior decomposição em função de ações antrópicas – incluindo tanto biomassa fixada a partir da recuperação de ecossistemas naturais que serão conservados como biomassa fixada por florestas de produção cujo destino da madeira seja a fabricação de bens duráveis com longevidade mínima de 30 anos.

As atividades da empresa que implicam decomposição ou queima de biomassa, bem como outras fontes de emissões de GEE, correspondem a externalidades negativas, enquanto que a formação de biomassa permanente corresponde a externalidade positiva.

Quantificação

Indicador físico: $B_{CO_2e} = R_{CO_2} - E_{CO_2}$

Sendo: $R_{CO_2} = C_{Vrec} \times A_{rec}$
 $E_{CO_2} = C_{Vrem} \times A_{rem}$

No qual: B_{CO_2e} = Balanço de remoções e emissões de GEE, em tCO₂e;

R_{CO_2} = Remoções permanentes de CO₂, em tCO₂e;

E_{CO_2} = Emissões relacionadas à perda de biomassa, em tCO₂e;

C_{Vrec} = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação recuperada, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO₂e/ha;

C_{Vrem} = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação removida, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO₂e/ha;

A_{rec} = Área onde ocorreu recuperação de vegetação, em ha; e

A_{rem} = Área onde ocorreu remoção de vegetação, em ha.

R_{CO_2} pode ocorrer de duas formas principais: recuperação de ecossistemas naturais ou produção por florestas comerciais. Em ambos os casos, a biomassa permanente está associada principalmente a espécies lenhosas de ciclo de vida longo, como árvores e alguns tipos de arbustos.

Para o cálculo de E_{CO_2} deve ser considerado qualquer tipo de remoção de vegetação, descontada a biomassa removida e destinada à fabricação de bens duráveis²⁵, assumindo que essa biomassa não se transformará em CO₂ nos próximos 30 anos.

Fatores para C_{Vrec} e C_{Vrem} por tipo de vegetação (fitofisionomia) podem ser obtidos do Segundo Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2010), e estão disponíveis também na ferramenta de cálculo das DEVESE. Esse tipo de informação pode também ser obtido de inventários florestais, preferencialmente das regiões consideradas no estudo de valoração.

É importante ficar atento à métrica dos fatores obtidos para C_{Vrec} e C_{Vrem} . O inventário nacional, por exemplo, publica tais fatores na métrica tC/ha, e muitos inventários florestais fazem o mesmo. Para converter essa métrica para tCO₂e/ha, conforme consta na fórmula acima do indicador físico, basta multiplicá-la por 44/12.

O inventário nacional também disponibiliza fatores para ajuste de tC/ha de um tipo de vegetação em função de seu estágio sucessional, ou seja, fatores para converter tC/ha de floresta primária em tC/ha de floresta secundária do mesmo tipo; e também disponibiliza fatores de tC/ha para alguns tipos de áreas manejadas e agrícolas.

É possível fazer os cálculos também a partir de dados de biomassa seca por tipo de vegetação em t/ha. Bas-

24 5/CMP.1: Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol, Annex, page 86, paragraph 23.

25 Caso não esteja disponível o percentual da madeira derrubada que se transformou em bens duráveis, assumir que tais bens duráveis correspondem à biomassa seca, estimar seu peso, em toneladas, e multiplicá-lo por 1,917 x 44/12 para obter tCO₂e. Descontar esse montante diretamente de E_{CO_2} .

26 Fator obtido da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol, na forma de fator de emissão de lenha.

ta converter a biomassa seca em tC/ha multiplicando-a pelo fator 1,917²⁶ e depois converter essa métrica para tCO₂e/ha, multiplicando-a por 44/12.

Valoração

O método de valoração adotado é o de *custos de reposição* (Anexo 1), baseado no custo social do carbono (CSC). No caso de emissões líquidas de GEE, este método estimará os gastos que teoricamente seriam necessários para compensar os prováveis impactos nocivos das mudanças do clima sobre a sociedade decorrentes das emissões de responsabilidade da empresa. No caso de remoções líquidas de GEE (CO₂), a estimativa refletirá os gastos que teoricamente não precisarão ser feitos para compensar prováveis impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade decorrentes dessas emissões de responsabilidade da empresa.

$$\text{Valor da externalidade} = B_{\text{CO}_2\text{e}} \times \text{CSC}$$

No qual: CSC = Custo social do carbono, em R\$

A externalidade será positiva ou negativa dependendo do resultado obtido na quantificação do balanço de carbono, $B_{\text{CO}_2\text{e}}$, que pode ser positivo (remoções líquidas) ou negativo (emissões líquidas).

O CSC é um parâmetro que representa o custo estimado dos prováveis impactos da adição de uma unidade de carbono na atmosfera – sob a forma de CO₂ – na produtividade agrícola e na saúde humana, danos a propriedades públicas ou privadas associados a riscos de enchentes, entre outros impactos que possam ser estimados e valorados monetariamente no contexto das mudanças climáticas. O valor de CSC adotado é de US\$ 38,00, conforme calculado pelo governo norte-americano (Anexo 5), e deve ser convertido em reais pela cotação oficial e atual do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro²⁷.

Desmatamento evitado. Diz respeito às atividades da empresa que contribuem para a conservação ambiental. Ao manter fragmentos conservados de vegetação nativa, por meio de suas Reservas Legais (RLs), Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou outras áreas, as empresas mantêm o estoque de carbono dessa biomassa prevenindo a formação de GEE de desmatamento, que contribuem para o aquecimento global.

Quantificação

O método de quantificação adotado é baseado no método VM0015: *Methodology for Avoided Unplanned Deforestation* V1.1. (Verified Carbon Standard – VCS, 2012).

$$\text{Indicador físico: } E_{\text{ev}} = (C_{\text{veg}} - C_{\text{pd}}) \times (T_{\text{lb}} - T_{\text{p}}) \times A$$

No qual: E_{ev} = Emissões evitadas líquidas, em tCO₂e;

C_{veg} = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO₂e/ha;

C_{pd} = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação remanescente após o desmatamento, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO₂e/ha;

T_{lb} = Taxa de desmatamento na linha de base, em % a.a.;

T_{p} = Taxa de Desmatamento com o projeto, em % a.a.; e

A = Área total, em ha.

Fatores para C_{veg} e C_{pd} podem ser obtidos do Segundo Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (FUNCATE, 2010) e estão disponíveis também na ferramenta de cálculo das DEVESE. Essas informações podem ser obtidas também de inventários florestais, preferencialmente das regiões consideradas no estudo de valoração.

É importante ficar atento à métrica dos fatores obtidos para C_{veg} e C_{pd} . O inventário nacional, por exemplo, publica tais fatores na métrica tC/ha, e muitos inventários florestais fazem o mesmo. Para converter essa métrica para tCO₂e/ha, conforme consta na fórmula acima do indicador físico, basta multiplicá-la por 44/12.

O inventário nacional também disponibiliza fatores para ajuste de tC/ha de um tipo de vegetação em função de seu estágio sucessional²⁸, ou seja, fatores para converter tC/ha de floresta primária em tC/ha de flores-

27 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: www.bcb.gov.br/?txcambio

28 Refere-se às diferentes etapas do processo de sucessão ecológica ou desenvolvimento de uma formação vegetal.

ta secundária do mesmo tipo; e também disponibiliza fatores de tC/ha para alguns tipos de áreas manejadas e agrícolas, que podem representar C_{pd} em muitos casos.

É possível fazer os cálculos também a partir de dados de biomassa seca por tipo de vegetação em t/ha. Basta converter a biomassa seca em tCO_2/ha multiplicando-a pelo fator 1,917²⁹.

Caso a área com vegetação possua formações distintas, com diferentes fitofisionomias, e, portanto, estoques de biomassa distintos, a quantificação deverá contemplar essas diferenças.

A taxa de desmatamento deve ser definida a partir do cenário base da região, ou seja, a partir da tendência de degradação ambiental que a vegetação apresentaria na ausência das atividades de conservação da empresa.

Para estudos de valoração com escopo de projetos com quantificações *ex-ante*, recomendamos a aplicação de um *deflator* sobre o volume total de emissões evitadas em função de riscos de implantação do projeto (*non-performance*) – ver ferramenta de cálculo.

Valoração

O método de valoração adotado é o de custos de reposição (Anexo 1). No caso das emissões evitadas, a estimativa refletirá os gastos que teoricamente não precisarão ser feitos para compensar prováveis impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade decorrentes dessas emissões de responsabilidade da empresa.

Valor da externalidade = E_{ev} x CSC

No qual: CSC = Custo social do carbono, em reais.

O CSC é um parâmetro que representa o custo estimado dos prováveis impactos da adição de uma unidade de carbono na atmosfera – sob a forma de CO_2 – na produtividade agrícola e na saúde humana, danos a propriedades públicas ou privadas associados a riscos de enchentes, entre outros impactos que possam ser estimados e valorados monetariamente no contexto das mudanças climáticas. O valor de CSC adotado é de US\$ 38,00, conforme calculado pelo governo norte-americano (Anexo 5), e deve ser convertido em reais pela cotação oficial e atual do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro³⁰.

Considerações Importantes

As demais emissões de GEE não cobertas por essas diretrizes devem ser estimadas com o apoio de métodos específicos, como as Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol³¹ e apresentadas em separado (não somar às emissões estimadas para biomassa por essas diretrizes).

No caso específico da madeira utilizada na produção de bens duráveis, originárias de florestas nativas ou florestas comerciais, há perda significativa de biomassa na forma de resíduos (partes da árvore que não podem ser aproveitadas para esse fim), os quais se decompõem e formam GEE. Em geral, esses resíduos dizem respeito à folhagem, galhos, casca do tronco e raízes, e devem ser contabilizados em E_{CO_2} conforme indicado na sequência. Caso a empresa não possua estudos técnicos que indiquem o percentual de perda de biomassa na forma de resíduos quando da produção de bens duráveis, pode adotar o fator definido aqui arbitrariamente como 50% da madeira destinada à fabricação desses bens.

A contabilização da remoção permanente de CO_2 atmosférico via formação de biomassa, R_{CO_2} , não contempla a fixação de carbono no solo.

No caso de desmatamento evitado, além das quantificações apresentadas, os projetos normalmente contemplam aspectos do marco regulatório vigente para definir as áreas elegíveis. No contexto das DEVESE, as diretrizes metodológicas foram propostas de forma independente do marco regulatório. Entretanto, é importante explicitar as premissas consideradas pela empresa; a forma de apresentar essas informações é abordada nas diretrizes para relato – DERECA.

A assimilação de CO_2 pelos oceanos é um serviço ecossistêmico de mais alta relevância para a regulação do clima global. Entretanto, por não ser influenciado direta e significativamente pela atividade econômica das empresas, não foi considerado.

29 Fator obtido da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol, na forma de fator de emissão de lenha.

30 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: www.bcb.gov.br/?txcambio

31 www.ghgprotocolbrasil.com.br

Quadro 11. Exemplo: regulação do clima global

Uma empresa do setor agropecuário desenvolve um programa de restauro de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) no bioma de Mata Atlântica (fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual Submontana). Como o programa incluiu a cadeia de fornecedores, as quantificações contemplaram tanto áreas próprias como áreas de fornecedores. Nas áreas próprias temos um total de 65 ha em implantação, e, nas áreas de terceiros, 220 ha.

No mesmo ano, entretanto, uma outra unidade da empresa precisou cortar 3 ha de um bosque de eucalipto em seu terreno para expandir suas instalações. A estimativa de estoque médio de carbono desse bosque foi de 55,40 tC/ha, sendo que 80% da biomassa foi aproveitada na construção das novas instalações.

EXTERNALIDADES

Emissões Líquidas

Quantificação das remoções

O estoque médio de carbono para Floresta Estacional Semidecidual Submontana foi estimado em 140,09 tC/ha (FUNCATE, 2010). Convertendo para CO₂: 140,09 x 44/12 = 513,66 tCO₂/ha

$$\begin{aligned} R_{CO_2} &= C_{rec} \times A_{rec} \\ &= 513,66 \times (220 + 65) \\ &= 146.394,05 \text{ tCO}_2/\text{ha} \end{aligned}$$

Quantificação das emissões

O estoque médio de carbono para reflorestamento com eucalipto em São Paulo foi estimado em 55,40 tC/ha (FUNCATE, 2010). Convertendo para CO₂: 55,40 x 44/12 = 203,13 tCO₂/ha

$$\begin{aligned} E_{CO_2} &= C_{rem} \times A_{rem} \\ &= 203,13 \times 3 \times 20\% \\ &= 121,88 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emissões líquidas: } B_{CO_2e} &= R_{CO_2} - E_{CO_2} \\ &= 146.394,05 - 121,88 \\ &= 146.272,17 \text{ tCO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor da externalidade} &= B_{CO_2e} \times CSC \\ &= 146.272,17 \times (38 \times 2,25) \\ &= R\$ 12.506.270,54 \end{aligned}$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$ 2,25/US\$.

Desmatamento Evitado

Uma empresa de mineração, com uma operação de minério de ferro na Amazônia Legal, mantém no entorno de sua jazida um programa ambiental que viabilizou a implantação e a manutenção de uma Unidade de Conservação (área própria doada ao Estado para criação de um Parque Estadual) de 25.000 ha. Com a pavimentação de uma rodovia na região e expansão da atividade pecuária, a taxa média de desmatamento na região foi levantada em 1,5% ha/ano para os últimos 5 anos. A partir de um inventário florestal amostral da área, levantou-se um valor médio de 175,5 tC/ha.

EXTERNALIDADE

Quantificação

$$\begin{aligned} E_{ev} &= (C_{veg} - C_{pd}) \times (T_{lb} - T_p) \times A \\ &= (175,5 \times 44/12 - 8,05 \times 44/12) \times (1,5\% - 0\%) \times 25.000 \\ &= (643,5 - 29,5) \times 1,5\% \times 25.000 \\ &= 230.244 \text{ tCO}_2e \end{aligned}$$

Obs.: Foi adotado o valor *default* do *Good Practice Guidance LULUCF 2003*, apresentado na tabela 3.4.9 (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2003 & FUNCATE, 2010) igual a 8,05 tC/ha para o estoque médio de carbono em pastagem plantada estabelecida.

Valor da externalidade

$$\begin{aligned} E_{ev} \times CSC &= (230.244) \times (38 \times 2,25) \\ &= R\$ 19.685.840,63 \end{aligned}$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$ 2,25/US\$

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

REGULAÇÃO DE POLINIZAÇÃO

Diz respeito à capacidade dos ecossistemas de regular populações de espécies que promovem a polinização de culturas agrícolas de interesse econômico. Não são aqui abordados fenômenos como autopolinização ou polinização mediada por outros vetores, como o vento.

São propostos dois métodos distintos para a polinização mediada por abelhas:

O **método 1** trata dos serviços ambientais de reposição da polinização, tais como aluguel de ninhos de abelhas e polinização manual. Aborda dependência e impacto apenas³².

O **método 2** trata diretamente do serviço ecossistêmico de regulação de polinização e avalia os benefícios gerados por populações naturais de polinizadores autóctones (aqueles que habitam a região onde está inserida a cultura agrícola de interesse). Esse método avalia dependência, impacto e externalidade, os dois últimos com base em adaptação do modelo proposto por Ricketts e Lonsdorf (2013).

MÉTODO 1. REPOSIÇÃO DE POLINIZAÇÃO

Dependência

A dependência, nesse caso, refere-se à necessidade de abelhas para que uma cultura agrícola efetivamente produza, tenha máxima produtividade (dentro das limitações impostas por outros fatores) e/ou produza com melhor qualidade.

32 No caso de polinização manual não há externalidade já que a ação é focada exclusivamente nas culturas de interesse da própria empresa que contrata esse serviço; e no caso de aluguel de ninhos de abelhas, pode haver externalidade, mas essa seria residual, já que a quantidade de ninhos alugados é dimensionada para suprir apenas a cultura de interesse da empresa e, mesmo havendo possibilidade de ocorrer externalidade residual, sua quantificação não é prevista nesse método.

Quantificação

Indicador físico: $DPca_j = [(GPpca_j/Pmca_j) - 1] \times 100$

No qual: $DPca_j$ = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola j , em percentual;

$GPpca_j$ = Ganho de produtividade com polinização por abelhas da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha; e

$Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha.

A estimativa de $GPpca_j$ é essencial para o estudo da importância econômica da polinização. Estimativas para algumas culturas podem ser encontradas na literatura especializada e, se não houver publicação a respeito, pode ser estimado por meio de experimentos de campo.

Valoração

O método de valoração adotado é o de custo de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os custos da reposição da polinização da qual determinada parcela da produtividade da cultura agrícola de interesse depende.

Valor da dependência = $Esf_{rp} \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \ci_{rp}

No qual: Esf_{rp} = Esforço necessário para a reposição total da polinização da qual depende a cultura agrícola j , por ha;

$\$cd_{rp}$ = Custos diretos do esforço de reposição da polinização, por ha e por unidade de Esf_{rp} ;

A_{jn} = Área n da cultura agrícola j ; e

$\$ci_{rp}$ = Custos indiretos da reposição de polinização.

O Esforço de reposição da polinização, Esf_{rp} , pode ser medido em colônias de abelhas alugadas, horas de trabalho de polinização manual ou outras unidades apropriadas.

Os Custos diretos desse esforço, $\$cd_{rp}$, dizem respeito ao custo de aluguel de colônias de abelhas, da hora de trabalho de polinização manual, dos materiais e

equipamentos essenciais para efetivar a reposição da polinização (pólen, no caso de polinização manual, etc.), entre outros.

Os Custos indiretos da reposição de polinização, $\$ci_{rp}$, incluem todos os desembolsos necessários para apoiar e garantir a reposição da polinização, como: custos de manutenção, transporte e instalação de colônias alugadas de abelhas, custos de estadia, alimentação e transporte de trabalhadores que estejam se dedicando de qualquer forma ao esforço de reposição da polinização, entre outros que se mostrem relevantes.

Impacto

O impacto neste caso refere-se às consequências de variações na disponibilidade de polinização para os negócios da empresa, ou seja, da variação em produtividade, qualidade ou outras características da produção agrícola relacionadas de alguma forma com a polinização mediada por abelhas.

Quantificação

A quantificação nesse caso é baseada no esforço empreendido para substituir a polinização selvagem, seja pela importação de polinizadores, seja pela polinização manual da cultura agrícola de interesse.

Indicador físico: $Ipca_j = Q_{rp}/A_{jn}$

No qual: $Ipca_j$ = Impacto da polinização na cultura agrícola j ;

Q_{rp} = Quantidade de reposição de polinização, que pode ser medida em colônias de abelhas alugadas ou horas trabalho de polinização manual; e

A_{jn} = Área n da cultura agrícola j .

Valoração

O método de valoração adotado é o de custo de reposição (Anexo 1), que, neste caso, estima o os custos da reposição da polinização da qual determinada parcela da produtividade da cultura agrícola de interesse depende e que foi perdida de fato ou pode ser perdida sob determinadas circunstâncias relevantes para a análise.

Valor do impacto = $Ipca_j \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \ci_{rp}

MÉTODO 2. POLINIZAÇÃO SELVAGEM

Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à necessidade de abelhas para que uma cultura agrícola efetivamente produza, tenha máxima produtividade (dentro das limitações impostas por outros fatores) e/ou produza com melhor qualidade.

Quantificação

Indicador físico: $DPca_j = [(GPpaca_j/Pmca_j) - 1] \times 100$

No qual: $DPca_j$ = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola j , em percentual;

$GPpaca_j$ = Ganho de produtividade com polinização por abelhas da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha; e

$Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha.

A estimativa de $GPpaca_j$ é essencial para o estudo da importância econômica da polinização. Estimativas para algumas culturas podem ser encontradas na literatura especializada e, se não houver publicação a respeito, pode ser estimada por meio de experimentos científicos simplificados.

Valoração

O método de valoração adotado é o de produtividade marginal (Anexo 2), que, neste caso, estima o valor econômico da polinização por meio do valor monetário associado à parcela da produção que depende de polinização.

Valor da dependência = $Pmca_j \times DPca_j \times A_{jn} \times \ca_j

No qual: $Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha;

A_{jn} = Área n da cultura agrícola j , na mesma unidade de área que $Pmca_j$; e

$\$ca_j$ = Preço de venda da cultura agrícola j , em R\$ e mesma unidade física de $Pmca_j$.

Idealmente, $Pmca_j$ deveria ser determinado por experimento em campo mas, alternativamente, pode-se utilizar dados da literatura especializada ou a produtividade máxima observada na região no passado.

Impacto

O impacto, nesse caso, refere-se às consequências de variações na disponibilidade de abelhas para os negócios da empresa que conduz as análises, ou seja, da variação em produtividade, qualidade ou outras características da produção agrícola relacionadas de alguma forma com a polinização mediada por abelhas.

Quantificação

A quantificação, baseada em Ricketts e Lonsdorf (2013), é feita em 3 etapas. As duas primeiras são preliminares e subsidiam uma terceira etapa, na qual é construída uma função dose-resposta que efetivamente estimará o impacto.

Etapa 1 – Diagnóstico da Diversidade de Polinizadores nas Áreas de Oferta de Polinizadores

O diagnóstico da diversidade de polinizadores em cada área é feito com base em 2 indicadores fundamentais: riqueza e abundância.

Rp_m = Riqueza
= número de espécies de polinizadores na área m ; e

Ap_{im} = Abundância
= número de espécimes (indivíduos) da espécie i na área m , por ha

Tanto Rp_m como Ap_{im} precisam ser estimados diretamente a partir de amostragens de campo. Se mais de uma área for considerada no estudo, ou seja, $m > 1$, é desejável que a riqueza e a abundância de polinizadores sejam amostradas também nessas outras áreas. Entretanto, se isso não for possível, as riquezas e abundâncias dessas outras áreas poderão ser indiretamente estimadas conforme Kennedy et al (2013). A ferramenta de cálculo das DEVESE³³ faz essa estimativa.

Idealmente, todas as áreas com potencial de oferta de polinizadores em um raio de até 10km em relação às áreas dependentes de polinização, nativas ou antropizadas, deveriam ser avaliadas. Isso inclui áreas que não estejam sob controle operacional da empresa ou de seus fornecedores, pois as áreas dependentes de polinização poderão receber abelhas de todas as áreas próximas, independentemente de quem as controla. Entretanto, os procedimentos metodológicos aqui indicados podem estimar apenas a contribuição de cada área individualmente, sendo possível depois somar as contribuições das áreas controladas pela empresa.

Ao final dessa etapa, enfim, devem estar disponíveis dados sobre a riqueza e a abundância de polinizadores das áreas amostradas em campo e as respectivas estimativas para outras áreas relevantes que não foram amostradas.

Etapa 2 – Estimativa da Diversidade de Polinizadores nas Áreas n Dependentes de Polinização

Polinizadores têm um alcance limitado, ou seja, uma distância máxima que conseguem percorrer em busca de pólen. É preciso avaliar, a partir das áreas de origem (m) estudadas na etapa 1 e das distâncias entre essas áreas e as áreas n que dependem de polinização quais espécies de polinizadores conseguem efetivamente alcançar essas áreas n e com que abundância.

Como essa etapa avalia as consequências sobre a própria empresa das variações na disponibilidade de polinizadores, as áreas n dependentes de polinização devem ser áreas sob controle operacional da empresa ou de seus fornecedores (sua cadeia de valor).

$$Ap_{jin} = \sum_{m=1}^M AP_{ji} \times 2,7183^{-d_{mn}/d_i}$$

$$Ap_{jn} = \sum_{i=1}^{Rp_j} AP_{jin}$$

$$Ap_n = Ap_{jn}/A_{jn}$$

No qual: Ap_{jin} = Abundância do polinizador da cultura agrícola j , pertencente à espécie i , na área n dependente de polinização;

Ap_{ji} = Abundância do polinizador da cultura agrícola j , pertencente à espécie i , na área m , onde m varia de 1 a M quando $M > 1$;

d_{mn} = Distância entre a área m , de origem dos polinizadores, para a área n , dependente de polinização;

d_i = Distância máxima de deslocamento do polinizador da espécie i ;

Ap_{jn} = Abundância de polinizadores da cultura agrícola j na área dependente de polinização n (já somados os polinizadores de todas as espécies encontradas nas áreas m);

Rp_j = Riqueza de polinizadores da cultura agrícola j ;

Ap_n = Abundância de polinizadores na área n por hectare; e

A_{jn} = Área n onde está a cultura agrícola j , em ha.

A etapa 2 precisa ser repetida para cada área n de interesse, ou seja, para cada área dependente de polinização que será considerada na análise.

³³ Disponível no site da TeSE: www.tendenciasemse.com.br

A distância d_{mn} precisa ser medida e a medição deve ser feita a partir do meio da área m até o meio da área n .

As distâncias d_j podem ser obtidas da literatura especializada (GREENLEAF, WILLIAMS, WINFREE & KREMEN, 2007) e são disponibilizadas na ferramenta de cálculo das DEVESE.

A riqueza de polinizadores locais (conjunto das áreas m ou M), Rp , é a mesma obtida na etapa 1. Nas áreas m nas quais a riqueza não foi amostrada, para efeito de simplificação, pode-se adotar a mesma riqueza das áreas amostradas.

Etapa 3 – Influência dos Polinizadores na Produção Agrícola

Nessa etapa é adotada uma função que relaciona a disponibilidade de polinizadores à produtividade da cultura agrícola de interesse, ou seja, uma função do tipo dose-resposta. A função dose-resposta aqui adotada equivale ao modelo quadrático genérico $-ax^2 + bx$, onde a e b são constantes e $x = Ap_n^{34}$.

$$a = - (Pmca_j \times DPca_j / 100) / Dpca_j^2$$

$$b = - 2 \times a \times Dpca_j$$

$$\text{Indicador físico: } Ipca_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_j$$

- No qual:
- a = Constante do modelo quadrático;
 - $Dpca_j$ = Estimativa da densidade de polinizadores (quantidade de polinizadores por hectare) necessária para garantir a máxima polinização de 1 ha da cultura agrícola j ;
 - $Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j ;
 - b = Constante do modelo quadrático;
 - $DPca_j$ = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola j , em percentual; e
 - $Ipca_j$ = Impacto da Polinização na cultura agrícola j .

Dados sobre $Dpca_j$, se não puderem ser obtidos na literatura especializada, podem ser estimados por meio de experimento de campo.

Já $Pmca_j$ deve idealmente ser inferida com base em $Dpca_j$, por experimento de campo. Se não for possível realizar o experimento, pode-se adotar estimativas disponíveis na literatura especializada ou adotar a máxima produtividade observada na região no passado.

Valoração

O método de valoração adotado é o de produtividade marginal (Anexo 2), que, neste caso, estima o valor econômico da polinização por meio do valor econômico associado à parcela da produção da empresa que variou em função da variação na disponibilidade de polinizadores.

$$\text{Valor do impacto} = Pmca_j \times A_{jn} \times \$ca_j \times Ipca_j$$

Externalidades

As externalidades, nesse caso, referem-se às consequências de variações na disponibilidade de polinizadores das áreas sob controle operacional da empresa sobre as áreas de produção agrícola de terceiros, em especial da comunidade do entorno da área m que disponibiliza polinizadores e está sob gestão da empresa ou sua cadeia de valor.

Quantificação

A quantificação, baseada em Ricketts e Lonsdorf (2013), é feita em 3 etapas. As duas primeiras são preliminares e subsidiam uma terceira etapa na qual é construída uma função dose-resposta que efetivamente estimará o impacto. Trata-se do mesmo modelo descrito para a quantificação de impactos, com apenas 2 diferenças fundamentais na etapa 2 de desenvolvimento do modelo:

- As áreas dependentes de polinização n serão áreas de terceiros em um raio de até 10 km de distância das áreas m sob controle operacional da empresa; e
- Devem ser consideradas as contribuições apenas das áreas m sob controle operacional da empresa para a disponibilidade de polinizadores.

34 Esse modelo de função dose-resposta é diferente do modelo utilizado por Ricketts & Lonsdorf (2013). Foi escolhido por ser mais simples e fácil de parametrizar, pois sua aderência aos processos ecológicos de polinização é supostamente tão boa quanto à do modelo adotado por Ricketts & Lonsdorf (2013), sendo que nenhum desses modelos foi de fato suficientemente estudado a esse respeito.

Etapa 1 – Diagnóstico da Diversidade de Polinizadores nas Áreas m de Oferta de Polinizadores

O diagnóstico da diversidade de polinizadores em cada área é feito com base em 2 indicadores fundamentais: riqueza e abundância.

$Rp_m = R$
= número de espécies de polinizadores na área m ; e

$Ap_{im} = \text{Abundância}$
= número de espécimes (indivíduos) da espécie i na área m , por ha

Tanto Rp_m como Ap_{im} precisam ser estimados diretamente a partir de amostragens de campo, na área que for estudada (reforçando que devem ser consideradas apenas áreas sob controle operacional da empresa). Se mais de uma área for considerada no estudo, ou seja, $m > 1$, é desejável que a riqueza e a abundância de polinizadores sejam amostradas também nessas outras áreas. Entretanto, se isso não for possível, as riquezas e abundâncias dessas outras áreas poderão ser indiretamente estimadas conforme Kennedy et al (2013). A ferramenta de cálculo das DEVESE³⁵ faz essa estimativa.

Idealmente, todas as áreas com potencial de oferta de polinizadores em um raio de até 10km em relação às áreas dependentes de polinização, nativas ou antropizadas, deveriam ser avaliadas. Entretanto, os procedimentos metodológicos aqui indicados podem estimar apenas a contribuição de cada área individualmente, sendo possível depois somar as contribuições das áreas controladas pela empresa.

Ao final dessa etapa, enfim, devem estar disponíveis dados sobre a riqueza e a abundância de polinizadores das áreas amostradas em campo e as respectivas estimativas para outras áreas relevantes que não foram amostradas.

Etapa 2 – Estimativa da Diversidade de Polinizadores nas Áreas n Dependentes de Polinização

Polinizadores têm um alcance limitado, ou seja, uma distância máxima que conseguem percorrer em busca de pólen.

É preciso avaliar, a partir das áreas de origem (m) estudadas na etapa 1 e das distâncias entre essas áreas e as áreas n que dependem de polinização quais espécies de polinizadores conseguem efetivamente alcançar essas áreas n e com que abundância.

Como essa etapa avalia as consequências sobre terceiros das variações na disponibilidade de polinizadores nas áreas m controladas pela empresa ou sua cadeia de valor, as áreas n dependentes de polinização devem ser áreas sob controle dessas partes interessadas, e não da própria empresa ou de sua cadeia de valor.

$$Ap_{jin} = \sum_{m=1}^M AP_{ji} \times 2,7183^{-d_{mn}/d_i}$$

$$Ap_{jn} = \sum_{i=1}^{Rp_j} AP_{jin}$$

$$Ap_n = Ap_{jn}/A_{jn}$$

No qual: Ap_{jin} = Abundância do polinizador da cultura agrícola j , pertencente à espécie i , na área n dependente de polinização;

Ap_{ji} = Abundância do polinizador da cultura agrícola j , pertencente à espécie i , na área m , na qual m varia de 1 a M quando $M > 1$;

d_{mn} = Distância entre a área m , de origem dos polinizadores, para a área n , dependente de polinização;

d_i = Distância máxima de deslocamento do polinizador da espécie i ;

Ap_{jn} = Abundância de polinizadores da cultura agrícola j na área dependente de polinização n (já somados os polinizadores de todas as espécies encontradas nas áreas m);

Rp_j = Riqueza de polinizadores da cultura agrícola j ;

Ap_n = Abundância de polinizadores na área n por ha; e

A_{jn} = Área n na qual está a cultura agrícola j , em ha.

35 Disponível no site da TeSE: www.tendenciasemse.com.br

A etapa 2 precisa ser repetida para cada área n de interesse, ou seja, para cada área dependente de polinização que será considerada na análise.

A distância d_{mn} precisa ser medida, e a medição deve ser feita a partir do meio da área m até o meio da área n .

As distâncias d_j podem ser obtidas na literatura especializada (GREENLEAF et al, 2007) e são disponibilizadas na ferramenta de cálculo das DEVESE.

A riqueza de polinizadores locais (conjunto das áreas m , ou M), Rp , é a mesma obtida na etapa 1. Nas áreas m nas quais a riqueza não foi amostrada, para efeito de simplificação, pode-se adotar a mesma riqueza das áreas amostradas.

Etapa 3 – Influência dos Polinizadores na Produção Agrícola

Nessa etapa é adotada uma função que relaciona a disponibilidade de polinizadores à produtividade da cultura agrícola de interesse, ou seja, uma função do tipo dose-resposta. A função dose-resposta aqui adotada equivale ao modelo quadrático genérico $-ax^2 + bx$, onde a e b são constantes e $x = Ap_n$ ³⁶.

$$a = - (Pmca_j \times DPca_j / 100) / Dpca_j^2$$

$$b = - 2 \times a \times Dpca_j$$

$$\text{Indicador físico: } Epca_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_j$$

- No qual: a = Constante do modelo quadrático;
 $Dpca_j$ = Densidade de polinizadores (polinizadores/ha) necessária para garantir a máxima polinização de 1 ha da cultura agrícola j ;
 $Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j ;
 b = Constante do modelo quadrático;
 $DPca_j$ = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola j , em percentual; e
 $Epca_j$ = Externalidade gerada na polinização da cultura agrícola j .

Assim como no caso da análise de impactos, as maiores dificuldades na análise de externalidades estão na obtenção de estimativas para $Pmca_j$ e $Dpca_j$.

No caso de externalidades, entretanto, a dificuldade é um pouco maior por não haver garantia de acesso às áreas da cultura agrícola dependente de polinização, que nesse caso são áreas de terceiros.

Caso não seja possível determinar $Pmca_j$ e $Dpca_j$ empiricamente por meio de experimentos, será então necessário obter tais estimativas da literatura especializada ou até mesmo da opinião de especialistas.

Valoração

O método de valoração adotado é o de produtividade marginal (Anexo 2), que neste caso estima o valor econômico da polinização por meio do valor econômico associado à parcela da produção de terceiros que varia em função da disponibilidade de polinizadores oriundos das áreas m sob controle operacional da empresa ou sua cadeia de valor.

$$\text{Valor da externalidade} = Pmca_j \times A_{jn} \times \$ca_j \times Epca_j$$

- No qual: $Pmca_j$ = Produtividade máxima da cultura agrícola j em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha;
 A_{jn} = Área n da cultura agrícola j , na mesma unidade de área que $Pmca_j$; e
 $\$ca_j$ = Preço de venda da cultura agrícola j , em R\$, e mesma unidade física de $Pmca_j$.

³⁶ Este modelo de função dose-resposta é diferente do modelo utilizado por Rickets & Lonsdorf (2013). Foi escolhido por ser mais simples e fácil de parametrizar, pois sua aderência aos processos ecológicos de polinização é supostamente tão boa quanto à do modelo adotado por Rickets & Lonsdorf (2013), sendo que nenhum desses modelos foi de fato suficientemente estudado a esse respeito.

Considerações Importantes

O Método de Custos de Reposição (MCR) utilizado no método 1 tende a gerar estimativas do valor mínimo associado a serviços ecossistêmicos (ver Anexo 1). O valor máximo, neste caso, seria equivalente ao preço da produção sacrificada em função da não reposição da polinização.

O modelo quadrático adotado no método 2 implica um decrescimento da produtividade após seu ponto máximo. Esse decrescimento é condizente com pesquisas recentes sobre o processo ecológico de polinização mediada por animais; entretanto, foi restringido a 10% do ponto máximo dada a falta de informações mais precisas sobre a real magnitude desse decrescimento³⁷.

Os investimentos necessários para estimar a diversidade de polinizadores (Rp e Ap), a produtividade sob nível máximo de polinização ($Pmca$), a densidade de polinizadores necessária para garantir a máxima polinização da cultura agrícola ($Dpca$) e ganho de produtividade com polinização por abelhas ($Gppaca$) não são altos e o tempo para conduzir experimentos de campo para esses fins equivalem normalmente a um ciclo reprodutivo da cultura agrícola que será estudada. Mais ainda, $Pmca$, $Dpca$ e $Gppaca$ podem ser reutilizados em futuras reavaliações, ou seja, não precisam ser re-estimados a cada ano. Já Rp e Ap , as variáveis de mais fácil obtenção, se necessário, podem ser ajustadas às mudanças de uso do solo na região sem necessidade de novo diagnóstico. Entretanto, idealmente, o diagnóstico da diversidade de polinizadores deve ser feito periodicamente, se possível anualmente.

O modelo utilizado não considera informações sobre preferências dos polinizadores por determinado tipo de planta nem a eficiência de diferentes espécies no processo de polinização da cultura agrícola de interesse.

O modelo aqui adotado é semelhante ao modelo utilizado pelo InVEST, que trabalha por meio de mapas digitais. O módulo de polinização do InVEST pode, portanto, ser utilizado em substituição às diretrizes aqui apresentadas.

³⁷ A ferramenta de cálculo da TeSE fará esse ajuste automaticamente.



Quadro 12. Exemplo: regulação de polinização

Método 1. Reposição da Polinização

Uma pequena empresa agrícola possui 2 propriedades distantes, aproximadamente 15 km uma da outra. Na área A produz café em 100 ha, e na área B produz maracujá em 1 ha.

Suas áreas estão cercadas de áreas recentemente preparadas para plantio de pasto e que, portanto, não possuem populações de abelhas selvagens.

DEPENDÊNCIA

A polinização por abelhas contribui com até 33% da produtividade de um cafezal e 75% da produtividade de uma plantação de maracujá.

Para garantir sua produção na área A, a empresa precisa de 2 colônias de abelhas *Apis mellifera* para cada hectare de área plantada por período de floração. O preço de aluguel é de R\$ 100,00 por colônia e os custos indiretos de transporte, instalação e manutenção das colônias e a mão de obra relacionada somaram R\$ 2.500,00.

Para garantir sua produção na área B, entretanto, a empresa optou por contratar serviços de polinização manual. Foram estimadas 200 h de trabalho para polinizar a área produtiva a um custo de R\$ 50,00/h. Os custos indiretos de extração e preparação do pólen, bem como de transporte, estadia e alimentação dos trabalhadores somaram R\$ 2.000,00.

Quantificação

Indicador físico: Café: $DPca_{café} = 33\%$
Maracujá: $DPca_{maracujá} = 75\%$

Valor da dependência

$$\begin{aligned} \text{Café} &= \text{Esf}_{rp} \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \$ci_{rp} \\ &= 2 \times 100 \times 100 + 2.500,00 \\ &= \text{R\$ } 22.500,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maracujá} &= \text{Esf}_{rp} \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \$ci_{rp} \\ &= 200 \times 50 \times 1 + 2.000,00 \\ &= \text{R\$ } 12.000,00 \end{aligned}$$

IMPACTO

Na última temporada, entretanto, a empresa conseguiu alugar apenas 1 colônia de abelhas/ha para a área A, com custos indiretos de R\$ 1.500,00 e obteve mão de obra para apenas o equivalente a 150 h trabalho/ha para a área B, com custos indiretos de R\$ 1.700,00.

Quantificação

Indicador físico: Área A: $Ipca_j = Q_{rp} / A_{jn}$
 $= 1$ colônia de abelha/ha
Área B: $Ipca_j = Q_{rp} / A_{jn}$
 $= 150$ horas trabalho/ha

Valor do impacto:

$$\begin{aligned} \text{Área A: } Ipca_j \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \$ci_{rp} \\ &= 1 \times 100 \times 100 + 1.500,00 \\ &= \text{R\$ } 11.500,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área B: } Ipca_j \times \$cd_{rp} \times A_{jn} + \$ci_{rp} \\ &= 150 \times 50 \times 1 + 1.700,00 \\ &= \text{R\$ } 9.200,00 \end{aligned}$$

Método 2. Polinização Selvagem

Uma empresa exportadora de café controla uma fazenda com 100 ha de plantações de café. Em sua propriedade há um fragmento de floresta tropical preservada de 15 ha (FF1), enquanto que nos arredores, em um raio de 10 km, há outros 3 fragmentos florestais, dois com as mesmas características e 5 (FF2) e 20 (FF3) ha respectivamente, e um terceiro fragmento degradado, de 3 ha (FF4). Experimentos demonstraram que a produtividade do café na região é 33% dependente de polinização, e a produtividade máxima na fazenda foi estimada em 2,5 t/ha. O preço médio de venda do café é de R\$ 466,67/t.

Detalhes dos cálculos de impacto e externalidade são apresentados no Apêndice 3.

DEPENDÊNCIA

Quantificação

Indicador físico: $DPca_{café} = 33\%$

Valor da dependência

$$\begin{aligned} Pmca_{café} \times A_{café} \times \$ca_{café} \times DPca_{café} \\ &= 2,5 \times 100 \times 466,67 \times 0,33 \\ &= \text{R\$ } 38.500,28 \end{aligned}$$

IMPACTO

Foram identificadas 3 espécies de polinizadores de café na área FF1: *Apis mellifera* (*A. mellifera*), *Melipona fasciata* (*M. fasciata*) e *Tetragonisca angustula* (*T. angustula*), com as respectivas densidades (espécimes/ha): 30.000, 20.000 e 10.000. Há outras 3 áreas com potencial de provisão de polinizadores: FF2, FF3 e FF4.

Quantificação

Etapa 1

FF1: $Rp_m = 3$ (*A. mellifera*, *M. fasciata* e *T. angustula*)
 $Ap_m = 30.000$ (*A. mellifera*), 20.000 (*M. fasciata*)
e 10.000 (*T. angustula*)

Para FF2 e FF3 assumiu-se a mesma Rp_m de FF1 e a estimativa de abundância foi indireta.

Como as características da vegetação em FF1 são equivalentes às das vegetações em FF2 e FF3, a abundância de abelhas por hectare em FF2 e FF3 será a mesma de FF1. Já no caso de FF4, como a vegetação é degradada em relação à de FF1, a abundância de abelhas foi ajustada:

FF4: $Ap_{am} = 30.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232)$
 $= 21.163/ha$
 $Ap_{mf} = 20.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232)$
 $= 14.108/ha$
 $Ap_{ta} = 10.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232)$
 $= 7.054/ha$

Etapa 2

As distâncias entre a plantação de café e os remanescentes florestais são: 100 m para FF1, 1.000 m para FF2, 7.350 m para FF3 e 5.300 m para FF4.

Como FF3 está além da distância de voo das três espécies de polinizadores identificadas na região (GREENLEAF et al, 2007), não contribui para a polinização do café da fazenda (única área n deste exemplo).

$Ap_{jn} = Ap_{Am} + Ap_{Mf} + Ap_{Ta}$
 $= 594.907 + 331.994 + 130.032$
 $= 1.056.933$ espécimes

$Ap_n = Ap_{jn} / A_{jn}$
 $= 1.056.933 / 100$
 $= 10.569$ espécimes/ha

Etapa 3

A quantidade de polinizadores para garantir a efetiva polinização das flores de 1 ha de café foi estimada em 50.000.

Indicador físico: $Ipca_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_j$
 $= (-3,3 \times 10^{-10} \times 10.569^2 + 3,3 \times 10^{-5} \times 10.569) / 2,5$
 $= 0,3119 / 2,5$
 $= 0,1248$
 $= 12,48\%$

Valor do impacto

$Pmca_{café} \times A_{café} \times \$ca_{café} \times Ipca_{café}$
 $= 2,5 \times 100 \times 466,67 \times 0,1248$
 $= R\$ 14.560,10$

EXTERNALIDADE

Apenas a área FF1 está sob controle operacional da empresa, e, portanto, é a única área com potencial de gerar externalidades por meio de regulação de polinização.

Foi identificada apenas uma área produtiva externa (área n , dependente de polinização e pertencente a outra fazenda) no raio de 10 km de FF1. Esta área possui 10 ha e também é destinada à produção de café.

Quantificação

Etapa 1

FF1: $Rp = 3$ (*A. mellifera*, *M. fasciata* e *T. angustula*)
 $Ap = 30.000$ (*A. mellifera*), 20.000 (*M. fasciata*)
e 10.000 (*T. angustula*)

Etapa 2

A distância entre a área n e FF1 é de 900 m, maior do que a distância de voo de *T. angustula*, o que exclui essa espécie como polinizadora da área n .

$i = A. mellifera$ (Am): Ap_{in}
 $= 15 \times 30.000 \times 2,7183^{-900/5900}$
 $= 386.335$ espécimes

$i = M. fasciata$ (Mf): Ap_{in}
 $= 15 \times 20.000 \times 2,7183^{-900/1500}$
 $= 164.643$ espécimes

$Ap_{café} = Ap_{Am} + Ap_{Mf}$
 $= (386.335 + 164.643) / 10$
 $= 55.098$ espécimes/ha

Etapa 3

Indicador físico: $Epc_{café} = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_{café}$
 $= (-3,3 \times 10^{-10} \times 55.098^2 + 3,3 \times 10^{-5} \times 55.098) / 2,5$
 $= 0,8164 / 2,5$
 $= 0,3266$
 $= 32,66\%$

Valor da externalidade

$Pmca_{café} \times A_{café} \times \$ca_{café} \times Epc_{café}$
 $= 2,5 \times 10 \times 466,67 \times 0,3266$
 $= R\$ 3.810,03$

Este exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

REGULAÇÃO DA EROSÃO DO SOLO

A erosão do solo é um processo ecológico natural, mas que pode ser acelerado ou reduzido em função do manejo e uso do solo.

Nesse sentido, o serviço ecossistêmico de regulação da erosão do solo diz respeito ao papel que ecossistemas, naturais ou antropizados, têm no controle de processos erosivos do solo.

A abordagem aqui apresentada permite a análise das consequências de processos erosivos para a fertilidade do solo (perda de nutrientes) e qualidade de águas superficiais (turbidez de mananciais de abastecimento público). É, portanto, direcionado à avaliação de erosão laminar (difusa), tendo como áreas de análise a bacia hidrográfica local e as áreas relevantes para a empresa (sob sua governança ou de sua cadeia de valor).

Para tratar questões relacionadas a eventos erosivos pontuais, como voçorocas e quedas de barreiras, adaptações dessas diretrizes são possíveis e recomendadas, podendo ser baseadas no mesmo conjunto de métodos de valoração apresentados nos anexos.

A quantificação da erosão fundamenta-se na Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), complementada por outros fatores de acordo com o interesse da análise, que pode ser a perda de nutrientes do solo e/ou o aporte de sedimentos em corpos d'água, gerando perda de qualidade da água por turbidez. Os cálculos são baseados principalmente em Bertoni e Lombardi Neto (2008), Sousa (2011) e Roehl (1962).

Em áreas onde as variáveis que compõem a EUPS se distribuem de forma homogênea (pouca variação), pode-se utilizar a média dos pontos mais representativos da área para estimar a erosão do solo na área total.

Já em áreas onde as variáveis que compõem a EUPS se distribuem de forma heterogênea, é mais adequado subdividir a área total em módulos mais homogêneos (com o mesmo uso e manejo do solo) e depois somar os resultados para obter o resultado total da área.

Dependência

A dependência, neste caso, ocorre quando a empresa for vulnerável a processos erosivos, ou seja, se seus negócios puderem sofrer algum tipo de perda econômica caso processos erosivos se acelerem em alguma área ou região relevante para a empresa (incluindo, nesse caso, sua cadeia de valor). Isso ocorrerá caso a empresa e/ou seus fornecedores dependam, direta ou indiretamente, da fertilidade do solo, ou de água em quantidade e qualidade, cuja proteção se daria a montante de seus pontos de captação.

Nesse sentido, a dependência é função da máxima retenção de erosão que pode ser garantida por ecossistemas naturais e que beneficia economicamente a empresa.

Quantificação

No caso de perda de nutrientes do solo, a análise deve considerar apenas as áreas relevantes para os negócios da empresa (sob sua governança ou de sua cadeia de valor). Já no caso de aporte de sedimentos em corpo d'água, a análise deve considerar áreas a montante das áreas sob sua governança ou de sua cadeia de valor. A quantificação é realizada por meio da Equação Universal de Perda de Solos:

$$\text{EUPS: } Es = \sum_{a=1}^n (R_a \times K_a \times LS_a \times CP_a \times A_a) / A_t$$

No qual: n = Número de áreas a avaliadas;
 Es = Erosão do solo, em t/ha x ano;
 R_a = Fator de erosividade da chuva na área a em MJ mm/ha x h x ano;
 K_a = Fator de erodibilidade do solo na área a em t x h/MJ x mm;
 LS_a = Fator de comprimento de rampa (composição entre o comprimento e o grau de declividade de uma determinada área) na área a ;
 CP_a = Fator de uso de solo (C) e prática de manejo (P) na área a ;
 A_a = Área analisada, em ha;
 A_t = Área total (somatória das áreas a), em ha.

A quantificação da dependência deste serviço ecossistêmico deve ser feita com 2 estimativas da Es , uma com o CP que oferece o maior nível de erosão, ou seja, solo exposto Es_{max} e outra com CP de menor nível de erosão (máxima retenção de solo), ou seja, cobertura vegetal nativa original Es_{min} .

No caso de perda de nutrientes do solo, Es_{max} e Es_{min} passam a se chamar $Es_{areamax}$ e $Es_{areamin}$, referente à área relevante para a empresa ($area$).

No caso de aporte de sedimentos em corpo d'água, passam a se chamar Es_{mmax} e Es_{mmin} , referente às áreas a montante (m).

A erosividade da chuva, R , pode ser obtida a partir da pluviosidade média anual e da intensidade de chuva, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008). A ferramenta de cálculo das DEVESE apresenta alguns valores obtidos para diferentes regiões do Brasil e que podem ser utilizados como aproximação na falta de valores locais.

As variáveis K , CP e LS devem preferencialmente ser obtidas em campo. Se não for exequível, podem ser obtidas de estudos técnicos e científicos desenvolvidos na região, ou pode-se adotar os valores *default* disponíveis na ferramenta de cálculo das DEVESE. Para a determinação de LS , os comprimentos e graus de declividade devem ser diagnosticados na área, em campo ou por meio de mapas com curvas de nível.

No caso de Es_{min} deve ser adotado o fator CP correspondente à vegetação nativa original da área.

Indicador físico – Perda de Nutrientes do Solo:

$$PN_s = N_s \times (Es_{areamax} - Es_{areamin})$$

Onde: PN_s = Perda de nutrientes do solo, em t/ha x ano;
 N_s = Concentração de nutrientes do solo, em t/ha;
 $Es_{areamax}$ = Erosão do solo em t/ha ano, na condição de solo exposto nas áreas relevantes para a empresa; e
 $Es_{areamin}$ = Erosão do solo em t/ha ano na condição de solo coberto por vegetação nativa original da região nas áreas relevantes para a empresa.

O valor de N_s deve ser determinado com base em dados locais, por análise laboratorial. Na impossibilidade de obtenção de dados locais, é possível utilizar dados secundários obtidos de solos semelhantes.

Indicador físico – Turbidez do corpo d'água

A turbidez, na ausência de estudos locais que a determinem por meio da associação com a concentração real de sedimentos em suspensão, pode ser definida por:

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{mmax} - Es_{mmin}) \times 31,7098 \times At/Q_{mlt}) - 1,57)/0,1$$

$$\text{Sendo } TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291}$$

No qual: Tca = Turbidez no corpo d'água, em UTN;

TAS = Taxa de aporte de sedimentos (percentual);

Es_{mmax} = Erosão do solo na condição de solo exposto a montante, em t/ha x ano;

Es_{mmin} = Erosão do solo na condição de solo coberto por vegetação nativa original da região nas áreas a montante, em t/ha x ano;

Q_{mlt} = Vazão média de longo termo do curso d'água, em L/s ($L/s = (m^3/s) \times 1000$);

At = Área total, em ha;

Dif_{alt} = Diferença entre máxima e mínima altitudes na área a montante, em m;

C_{cap} = Comprimento do principal curso d'água na área, em m.

Tanto Dif_{alt} como C_{cap} devem ser obtidos em campo ou inferidos de mapas ou imagens de satélite. Já Q_{mlt} pode ser medida em campo ou obtida de relatórios e estudo técnicos especializados, como os produzidos por agências de bacias ou outros órgãos públicos responsáveis pela concessão de outorgas.

É importante ressaltar que Tca não estima o aporte total de turbidez no corpo d'água, mas apenas a parcela que pode ser controlada por serviço ecossistêmico – na prática, por gestão de uso do solo.

Valoração

Perda de nutrientes do solo – O método de valoração adotado é o do *custo de reposição* (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para repor os nutrientes perdidos pelos processos erosivos que resultam em perdas de produtividade de culturas agrícolas.

$$\text{Valor da dependência} = \$N_s \times A_t + \$log$$

No qual: $\$N_s$ = Custo dos nutrientes do solo, por ha;

A_t = Área relevante para a empresa, em ha;

$\$log$ = Custos com logística para a aplicação dos nutrientes no solo.

Turbidez do corpo d'água – À medida que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado, portanto, é o do *custo de reposição* (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade perdida da água na hipótese de ausência do serviço ecossistêmico de regulação da erosão do solo.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$$

No qual: Qa_{cap} = Quantidade de água captada, em m^3 ;

$\$T_a$ = Custo do tratamento da água para remover Tca até o nível aceitável para a empresa, em $R\$/m^3$; e

I_{eta} = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em $R\%$.

A variável Qa_{cap} deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa. Já $\$T_a$ e I_{eta} podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água.

Esse método de valoração de dependência é válido inclusive para casos em que a empresa compra sua água já tratada, bastando substituir o componente $\$T_a + I_{eta}$ da fórmula acima pelo preço pago pela água.

Impacto

O impacto ocorre apenas se a empresa for vulnerável a processos erosivos, ou seja, se seus negócios puderem sofrer algum tipo de perda econômica caso processos erosivos naturais se acelerem em alguma área relevante para a empresa (incluindo, nesse caso, sua cadeia de valor).

Nesse sentido, o impacto é aqui caracterizado como a consequência econômica, para a empresa, da perda ou redução dos processos ecológicos que promovem a retenção de solo e consequentemente controlam processos erosivos.

Quantificação

Enquanto que no caso da dependência a quantificação resultava da diferença entre a máxima e a mínima retenção de solo por processos ecológicos, no caso de impacto a quantificação se dará pela diferença entre o nível atual (real) e a máxima retenção de solo por processos ecológicos.

No caso de perda de nutrientes do solo, a análise deve considerar apenas as áreas relevantes para os negócios da empresa (sob sua governança ou de sua cadeia de valor). Já no caso de aporte de sedimentos em corpo d'água, a análise deve considerar áreas a montante das áreas relevantes para a empresa.

A quantificação de impacto associada à perda ou redução desse serviço ecossistêmico deve ser feita com duas estimativas da E_s , uma com os padrões de CP atuais (reais), que oferecem o nível atual de erosão, $E_{s_{atual}}$ e outro com CP de máxima proteção contra erosão, ou seja, cobertura vegetal nativa original – níveis mínimos de erosão do solo $E_{s_{min}}$.

No caso de perda de nutrientes do solo, $E_{s_{atual}}$ e $E_{s_{min}}$ passam a se chamar $E_{s_{areaatual}}$ e $E_{s_{areamin}}$ referentes à área relevante para a empresa (*area*).

No caso de aporte de sedimentos em corpo d'água, passam a se chamar $E_{s_{matual}}$ e $E_{s_{mmin}}$ referente às áreas a montante (*m*).

Indicador físico – Perda de Nutrientes do Solo:

$$PN_s = N_s \times (E_{s_{areaatual}} - E_{s_{areamin}})$$

No qual: $E_{s_{areaatual}}$ = Erosão do solo nas condições atuais (reais) de uso de solo nas áreas relevantes para a empresa, em t x ha/ano;

Indicador físico – Turbidez do corpo d'água

$$Tca = (\ln(TAS \times (E_{s_{matual}} - E_{s_{mmin}})) \times 31,7098 \times At/Q_{mlt}) - 1,57)/0,1$$

$$\text{Sendo } TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291}$$

No qual: $E_{s_{matual}}$ = Erosão do solo na condição de usos do solo atuais nas áreas a montante, em t/ha x ano;

Valoração

Perda de Nutrientes do Solo – O método de valoração adotado é o do custo de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para repor os nutrientes perdidos pelos processos erosivos.

$$\text{Valor do impacto} = \$N_s \times A_{rec} + \$\log$$

No qual: A_{rec} = Área a ser recuperada, em ha;

Turbidez do corpo d'água – À medida que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado é, portanto, o do custo de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade da água perdida na hipótese de ausência do serviço ecossistêmico de regulação da erosão do solo.

$$\text{Valor do impacto} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$$

Externalidade

A externalidade ocorre apenas se algum usuário de água a jusante das áreas relevantes para a empresa for vulnerável a processos erosivos, ou seja, se sofrer algum tipo de perda econômica caso processos erosivos naturais se acelerem nas áreas relevantes para a empresa (áreas sob governança da empresa ou de seus fornecedores, dependendo do escopo da análise).

Nesse sentido, a externalidade é aqui caracterizada como a consequência econômica, para usuários de água a jusante, da perda ou redução dos processos ecológicos que promovem a retenção do solo nas áreas relevantes para a empresa.

Não se configura externalidade quanto à perda de nutrientes do solo, já que, nas áreas relevantes para a empresa, é a própria empresa quem sofre essas perdas que, portanto, configuram-se como impacto, e não externalidade. Eventuais impactos que esse aporte de nutrientes do solo possam causar a jusante caracterizam-se como perda de qualidade da água e são tratados diretamente nos métodos destinados a esse serviço ecossistêmico.

Quantificação

Enquanto nos casos de dependência e impacto a análise considera áreas a montante das áreas relevantes para a empresa, no caso de externalidades a análise é focada apenas nas áreas relevantes para a empresa.

$$\text{EUPS: } Es = \sum_{a=1}^n (R_a \times K_a \times LS_a \times CP_a \times A_a) / A_t$$

No qual: n = Número de áreas a avaliadas;

Es = Erosão do solo, em t/ha x ano;

R_a = Fator de erosividade da chuva na área a em MJ mm/ha x h x ano;

K_a = Fator de erodibilidade do solo na área a em t x h/MJ x mm;

LS_a = Fator de comprimento de rampa (composição entre o comprimento e o grau de declividade de uma determinada área) na área a ;

CP_a = Fator de uso de solo (C) e prática de manejo (P) na área a ;

A_a = Área analisada, em ha; e

A_t = Área total (somatória das áreas a), em ha.

A quantificação da externalidade associada à perda ou redução deste serviço ecossistêmico deve ser feita com 2 estimativas da Es_{area} exclusivamente para as áreas relevantes para a empresa: uma com os padrões de CP atuais (reais), relacionados ao nível atual de erosão, $Es_{\text{areaatual}}$ e outra, hipotética ou real, com CP de máxima proteção contra erosão, ou seja, cobertura vegetal nativa original Es_{areamin} .

A erosividade da chuva, R , pode ser obtida a partir da pluviosidade média anual e da intensidade de chuva, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008). A ferramenta de cálculo das DEVESE apresenta alguns valores obtidos para diferentes regiões do Brasil e que podem ser utilizados como aproximação na falta de valores locais.

As variáveis K , CP e LS devem preferencialmente ser obtidas em campo. Se não for possível, podem ser obtidas a partir de estudos técnicos e científicos desenvolvidos na região, ou pode-se adotar os valores *default* disponíveis na ferramenta de cálculo das DEVESE. Para a determinação de LS , os comprimentos e graus de declividade devem ser diagnosticados na área, em campo ou por meio de mapas com curvas de nível.

No caso de Es_{min} , deve ser adotado o fator CP correspondente à vegetação nativa original da área, livre de manejo.

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{\text{areaatual}} - Es_{\text{areamin}})) \times 31,7098 \times At / Q_{\text{mlt}}) - 1,57 / 0,1$$

$$\text{Sendo } TAS = 771,8448 \times (Dif_{\text{alt}} / C_{\text{cap}})^{0,83291}$$

No qual: Tca = Turbidez no corpo d'água, em UTN;

TAS = Taxa de aporte de sedimentos (percentual);

$Es_{\text{areaatual}}$ = Erosão do solo na condição de usos do solo atuais nas áreas relevantes para a empresa, em t/ha x ano;

Es_{areamin} = Erosão do solo na condição de solo coberto por vegetação nativa original nas áreas relevantes para a empresa, em t/ha x ano;

Q_{mlt} = Vazão média de longo termo do curso d'água, em L/s ($L/s = (m^3/s) \times 1000$);

At = Área total, em ha.

Dif_{alt} = Diferença entre máxima e mínima altitudes na área a montante, em m;

C_{cap} = Comprimento do principal curso d'água na área, em m.

Tanto Dif_{alt} como C_{cap} devem ser obtidos em campo ou inferidos de mapas ou imagens de satélite. Q_{mlt} pode ser medida em campo ou obtida de relatórios e estudo técnicos especializados, como os produzidos por agências de bacias ou outros órgãos públicos responsáveis pela concessão de outorgas.

É importante ressaltar que Tca não estima o aporte total de sedimentos no corpo d'água, mas apenas a parcela desse aporte, que pode ser controlada por serviço ecossistêmico – na prática, por gestão de uso do solo.

Valoração

Turbidez no corpo d'água – Na medida em que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado é, portanto, o do *custo de reposição* (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade da água perdida em função do uso do solo nas áreas relevantes para a empresa.

$$\text{Valor da externalidade} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}}$$

No qual: Qa_{cap} = Quantidade de água, em m³;
 $\$T_a$ = Custo do tratamento da água para remover Tca até o nível de qualidade imediatamente a montante das áreas da empresa, em R\$/m³; e
 I_{eta} = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em R\$.

A variável Qa_{cap} nesse caso refere-se às captações a jusante, por terceiros. Para efeitos práticos, pode-se avaliar apenas a primeira captação a jusante. Já $\$T_a$ e I_{eta} podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água.

Considerações Importantes

Processos erosivos também influenciam outros serviços ecossistêmicos, como navegação³⁸, regulação de vazão de cursos d'água³⁹, geração de energia hidrelétrica⁴⁰ e pesca⁴¹. Abordagens específicas para esses serviços ecossistêmicos serão desenvolvidas no futuro.

A quantificação de erosão por meio da EUPS pode ser feita com diferentes níveis de precisão, dependendo, principalmente, da representatividade que os valores atribuídos aos parâmetros da EUPS tiverem em relação às condições ambientais reais da área analisada. Dependendo dos recursos disponíveis, é possível tanto utilizar um único valor médio para cada um desses parâmetros, o que provavelmente levaria a uma menor precisão na estimativa; um conjunto de valores médios para um conjunto de condições ambientais distintas na área analisada, o que tende a ser mais

preciso; ou abordagens em escalas pontuais, que tendem a ser as mais precisas. Essas abordagens de avaliação pontual com a EUPS podem ser obtidas com modelos hidrológicos baseados em sistemas de informação geográfica (SIG, imagens de satélite e afins) que têm a capacidade de avaliar a EUPS em unidades de área menores (pixels). Um bom exemplo de modelos desta natureza é o InVEST⁴², software gratuito que realiza essas análises com métodos equivalentes aos aqui apresentados e que, portanto, pode ser adotado em conjunto ou mesmo em substituição às diretrizes apresentadas acima.

Se a opção for por utilizar a EUPS de forma simplificada, apenas nos pontos mais representativos da área/bacia hidrográfica, recomenda-se que sejam selecionados pontos com: (a) maior declividade; (b) maior nível de degradação e exposição de solo; e (c) áreas cujo manejo deixe o solo exposto à chuva frequentemente (culturas agrícolas não perenes, estradas rurais, etc.).

Os cálculos de TAS e Tca são baseados em equações empíricas, desenvolvidas com dados de campo obtidos de conjuntos de bacias hidrográficas com características diversas. O ideal seria desenvolver tais equações para a bacia estudada. Utilizar equações obtidas em uma determinada bacia em outras bacias significa fazer “transferência de funções”, e esse procedimento está sujeito a distorções nas estimativas de TAS e Tca . Essas distorções serão tão maiores quanto mais diferentes forem as condições ambientais entre as bacias a partir de onde essas equações foram desenvolvidas e a bacia em estudo.

Investimentos na ETA podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

38 Assoreamento de canais de navegação e conseqüente redução do calado ou profundidade da coluna de água, o que limita o acesso de embarcações de maior porte.

39 Assoreamento de rios, com conseqüente redução de vazão e do armazenamento de água, resultando em maior risco de enchentes na época de chuvas e de falta de água na época seca.

40 Assoreamento e conseqüente diminuição da capacidade de armazenamento de reservatórios de usinas hidrelétricas, reduzindo a vida útil dos reservatórios e o potencial hidrelétrico da usina.

41 Aumento da turbidez da água altera as condições ambientais do corpo d'água e pode levar a reduções ou mesmo perda dos estoques pesqueiros locais.

42 InVEST: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs. The Natural Capital Project: www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html

Quadro 13. Exemplo: Regulação da Erosão do Solo

Uma empresa administra uma área de 100 ha dentro de uma bacia hidrográfica de 6000 ha. Desse total, 1.100 ha estão a montante da área da empresa: 800 ha de pastagens degradadas (pd), que tiveram de ser subdivididas em 2 subclasses em função de possuírem diferentes comprimentos de rampa LS (pd1 200 ha e pd2 600 ha), 100 ha de pastagens conservadas (pc), 150 ha de remanescentes florestais conservados (fc) e outros 50 ha de áreas urbanizadas (au).

A área da empresa está subdividida da seguinte forma: em 70 ha a empresa explora gado de corte, sendo que metade dessa área está com a pastagem degradada e a outra metade está coberta com pastagem conservada; 20 ha da área estão conservados como reserva legal e área de preservação permanente; e nos outros 10 ha existe uma planta de processamento de carne, bem como outras instalações administrativas. Processos erosivos comprometem a fertilidade das pastagens ao mesmo tempo que degradam a qualidade da água que a empresa capta para processar a carne – a empresa precisa de 150.000 m³/ano de água potável para esses processos industriais.

O fator de erosividade da chuva R , nesse caso, é o mesmo em toda a bacia hidrográfica: 4.865 MJ x mm/ha x h x ano. Em relação à erodibilidade, foram identificados 2 tipos principais de solo com fatores K de 0,047 e 0,057 t x h/MJ x mm. Os fatores de comprimentos de rampa LS variaram da seguinte forma: au = 7,47; pc = 11,56; pd1 = 12,27; pd2 = 15,33 e fc = 15,33.

O fator de uso e manejo de solo CP para solo exposto e cobertura vegetal nativa, pastagem degradada e pastagem conservada são 1 e 0,01, 0,25 e 0,12, respectivamente.

Detalhes dos cálculos são apresentados no Apêndice 4.

DEPENDÊNCIA

Quantificação

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo

N_s para nitrogênio = 0,01 t/ha;

N_s para fósforo = 0,005 t/ha;

$$Es_{areamax} = (92.513,81 + 98.195,89)/(35 + 35) \\ = 2.724,42 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{areamin} = (925,14 + 981,96)/(35 + 35) \\ = 27,24 \text{ t/ha x ano}$$

$$\text{PNs nitrogênio} = 0,01 \times (2.724,42 - 27,24) \\ = 26,97 \text{ t/ha x ano}$$

$$\text{PNs fósforo} = 0,005 \times (2.724,42 - 27,24) \\ = 13,49 \text{ t/ha x ano}$$

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água

$$Es_{mmax} = (103.573,42 + 264.325,18 + \\ 561.119,37 + 2.103.168,69 + \\ 525.792,17)/(50 + 100 + 200 + \\ 600 + 150) \\ = 3.234,53 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{mmin} = (1.035,73 + 2.643,25 + 5.611,19 + \\ 21.031,69 + 5.257,92)/(50 + 100 + \\ 200 + 600 + 150) \\ = 32,35 \text{ t/ha x ano}$$

O comprimento do principal corpo d'água na bacia hidrográfica foi medido em 40 km, enquanto que as altitudes máxima e mínima são 1000 m e 200 m, respectivamente. A vazão média no ano é estimada em 5 m³/s (5000 l/s).

$$TAS = 771,8448 \times (\text{Dif}_{alt}/C_{cap})^{0,83291} \\ = 771,8448 \times (800/40.000)^{0,83291} \\ = 29,68\%$$

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{mmax} - Es_{mmin}) \times 31,7098 \times At/Q_{mlt}) - \\ 1,57)/0,1 \\ = (\ln(0,2968 \times (3.234,53 - 32,35) \times 31,7098 \times \\ 1.100/5000) - 1,57)/0,1 \\ = 72,29 \text{ UTN}$$

Valor da dependência – Perda de nutrientes do solo

A reposição de nitrogênio e fósforo foi feita neste caso com um único fertilizante ao custo de R\$ 150,00/ha, com custos de logística estimados em R\$ 24.500,00.

$$\text{Valor da dependência} = \$N_s \times A_t + \$log \\ = R\$ 150,00 \times 70 + R\$ 24.500,00 \\ = R\$ 35.000,00$$

Valor da dependência – Turbidez do corpo d'água

Os custos variáveis de tratamento da água, necessários para reduzir a turbidez a menos de 40 UTN foram estimados em R\$ 0,035/m³. A empresa já possui uma ETA, e seus custos fixos anuais de operação são R\$ 100.000,00.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} \\ = 150.000 \times 0,035 + 100.000 \\ = R\$ 105.250,00$$

IMPACTO

Quantificação

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:

$$Es_{\text{areaatual}} = (11.101,66 + 24.548,97)/(35 + 35) \\ = 509,29 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{\text{areamin}} = (925,14 + 981,96)/(35 + 35) \\ = 27,24 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ nitrogênio} = 0,01 \times (509,24 - 27,24) \\ = 4,82 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ fósforo} = 0,005 \times (509,24 - 27,24) \\ = 2,41 \text{ t/ha x ano}$$

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

$$Es_{\text{matual}} = (103.573,42 + 31.719,02 + \\ 140.279,84 + 525.792,17 + 5.257,91)/ \\ (50 + 100 + 200 + 600 + 150) \\ = 733,29 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{\text{mmin}} = (1.035,73 + 2.643,25 + 5.611,19 + \\ 21.031,69 + 5.257,92)/ \\ (50 + 100 + 200 + 600 + 150) \\ = 32,35 \text{ t/ha x ano}$$

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{\text{matual}} - Es_{\text{mmin}}) \times 31,7098) \times At/Qmlt) - \\ 1,57)/0,1 \\ = (\ln(0,2968 \times (733,29 - 32,35) \times 31,7098 \times \\ 1.100/5000) - 1,57)/0,1 \\ = 57,10 \text{ UTN}$$

Valor do impacto – Perda de nutrientes do solo

A reposição de nitrogênio e fósforo foi feita com um único fertilizante, ao custo de R\$ 120,00/ha, com custos de logística estimados em R\$ 24.500,00.

$$\text{Valor do impacto} = \$N_s \times A_{\text{rec}} + \$\log \\ = R\$ 120,00 \times 70 + R\$ 24.500,00 \\ = R\$ 32.900,00$$

Valor do impacto – Turbidez do corpo d'água

Os custos variáveis de tratamento da água, necessários para reduzir a turbidez a menos de 40 UTN foram estimados em 0,0325R\$/m³.

$$\text{Valor do impacto} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} \\ = 150.000 \times 0,0325 + 100.000 \\ = R\$ 104.875,00$$

EXTERNALIDADES

Quantificação

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

$$Es_{\text{areaatual}} = (20.714,68 + 11.101,66 + \\ 24.548,97 + 0 + 701,06)/ \\ (10 + 35 + 35 + 0 + 20) \\ = 570,66 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{\text{areamin}} = (207,15 + 925,14 + 981,96 + \\ 0 + 701,06)/(10 + 35 + 35 + 0 + 20) \\ = 28,15 \text{ t/ha x ano}$$

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{\text{areaatual}} - Es_{\text{areamin}}) \times 31,7098) \times \\ At/Qmlt) - 1,57)/0,1 \\ = (\ln(0,2968 \times (570,66 - 28,15) \times 31,7098 \times \\ 100 \times 5000) - 1,57)/0,1 \\ = 30,56 \text{ UTN}$$

Valor da externalidade – Turbidez do corpo d'água

Como o nível de turbidez está dentro do aceitável de acordo com o padrão utilizado, não há custos de reposição da qualidade da água.

$$\text{Valor da externalidade} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} \\ = Qa_{\text{cap}} \times 0 + 0 \\ = R\$ 0,00$$

Este exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

RECREAÇÃO E TURISMO

As características de paisagem despertam interesses nas pessoas, os quais se traduzem, entre outras coisas, em benefícios na forma de oportunidades de lazer, recreação e turismo. Essas características dizem respeito a beleza cênica, atividades como caminhada, ecoturismo e observação da natureza, e corpos d'água que sejam aproveitados para banho, práticas náuticas, atividades pesqueiras e outras relacionadas à água.

Muitas vezes, as oportunidades de lazer e ecoturismo estão em locais de propriedade ou controle operacional da empresa e pode haver demanda da comunidade local ou outras partes interessadas por essas oportunidades. Exemplos são reservatórios de hidrelétricas e seu entorno, e áreas de exploração madeireira ou mineral que tenham atrativos como cachoeiras e trilhas de caminhada.

As oportunidades de recreação, lazer e turismo, por sua vez, traduzem-se em demanda por visitação à área, e a visitação contribui para a economia local gerando empregos e demanda por infraestrutura e serviços.

No contexto destas diretrizes, as análises de quantificação e valoração econômica deste serviço ecossistêmico são direcionadas a impactos e a externalidades. Assume-se que apenas será caracterizada dependência se a empresa foco da análise tiver a exploração econômica de serviços de recreação e turismo em sua missão.

Impactos

Impactos para a empresa nesse contexto resumem-se basicamente aos ganhos auferidos na exploração de recreação e turismo e ao sacrifício econômico que a empresa faz ao conservar a área em sua configuração natural. Os ganhos são normalmente obtidos por meio de cobrança de taxas de ingresso, licenças de visitação ou mesmo pela venda de produtos ou serviços dentro da área de visitação, enquanto que o sacrifício está relacionado ao uso econômico alternativo que seria feito dessa área se ela não fosse conservada.

Quantificação

Indicador físico 1 (sacrifício na conservação da área): $Aae_{alt} = A_t - Ai_{ae}$

Onde: Aae_{alt} = Área passível de exploração econômica alternativa, em ha;
 A_t = Área total conservada pela empresa e aberta para visitação, em ha; e
 Ai_{ae} = Parcela da área conservada pela empresa indisponível para uso econômico alternativo, em ha.

No cômputo de Ai_{ae} devem ser consideradas Áreas de Proteção Permanente (APP) e outras áreas cujas características inviabilizem sua exploração no contexto das atividades econômicas que são atualmente desenvolvidas na região.

Indicador físico 2 (atratividade da área): Nv/P

Onde: Nv = Número de visitantes que a área recebe;
 P = Período considerado na contabilização de visitantes.

O número de visitantes pode ser obtido por controle realizado pela empresa nos pontos de acesso à área. No caso de a área não possuir um sistema de registro de entradas, a empresa pode, em uma última instância, recorrer a uma organização local para fazer o monitoramento das visitas (uma parceria, por exemplo). O período considerado na avaliação da visitação normalmente é de um ano.

Valoração

São adotados 2 métodos de valoração econômica neste caso. Com um dos componentes do método de custo de viagem (Anexo 6), são avaliados os gastos incorridos pelos visitantes diretamente na área visitada; e com o método de custo de oportunidade é avaliado o sacrifício econômico feito pela empresa na conservação da área. Como no primeiro caso o valor obtido é uma receita financeira real, enquanto que no segundo caso trata-se de um custo econômico que não implica movimentação de caixa para a empresa, esses valores são apresentados em separado para que possam ser avaliados de forma independente.

Valor do impacto financeiro⁴³ = $Nv/P \times \$T_i + \RDv
Valor do impacto econômico = $-(Aae_{alt} \times \$Rae_{alt})$

Onde: $\$T_i$ = Taxa de ingresso ou similares;
 $\$RDv$ = Receitas diversas decorrentes da exploração do turismo; e
 $\$Rae_{alt}$ = Receitas da atividade econômica alternativa, em R\$/ha.

Apenas a parcela internalizada dos custos e despesas com visitação está sendo considerada. O cálculo de $\$T_i$ deve incluir todo tipo de taxa de ingresso, sejam referentes a ingresso para um dia de visitação ou taxas anuais cobradas na forma de licença de uso/visitação.

O cálculo de $\$RDv$ deve considerar todas as receitas adicionais com exploração de serviços e vendas de produtos aos visitantes.

Na determinação de $\$Rae_{alt}$ deve ser considerado o uso econômico alternativo que a própria empresa poderia fazer da área. Se a empresa não tiver alternativa própria de uso econômico da área, pode-se adotar a atividade econômica local que, a critério da empresa ou de alguma autoridade ou especialista por ela consultada, tenha maior probabilidade de ocupar essa área na ausência das ações de conservação patrocinadas pela empresa.

Externalidades

As externalidades neste caso correspondem à parcela dos benefícios das oportunidades de recreação e turismo que não foi internalizada pela empresa. A análise está voltada apenas à atratividade da área e não considera outros impactos na economia local ou regional em função das dificuldades em levantar dados consistentes a esse respeito. Entretanto, se for possível obter dados sobre essas externalidades, seus valores devem, sim, ser considerados.

43 Considerar apenas visitantes pagantes na estimativa de Nv .

Quantificação

Indicador físico 2 (atratividade da área): Nv/P

Onde: Nv = Número de visitantes que a área recebe;
P = Período considerado na contabilização de visitantes.

O número de visitantes pode ser obtido por controle realizado pela empresa nos pontos de acesso à área. No caso de a área não possuir um sistema de registro de entradas, a empresa pode, em uma última instância, recorrer a uma organização local para fazer o monitoramento das visitas (uma parceria, por exemplo). O período considerado na avaliação da visita normalmente é de um ano.

Valoração

O método de valoração econômica adotado é o de custo de viagem (Anexo 6), que se baseia nos custos associados à visita de um determinado local. Assume-se, então, que os gastos incorridos na viagem equivalem, no mínimo, aos benefícios esperados das atividades de recreação e/ou turismo. Do contrário, tais gastos não se justificariam e a decisão de visitar a área não seria tomada.

Valor da externalidade = $Nv/Px (\$cd_i + \$cae_i)$

Onde: $\$cd_i$ = Custos Médios de Deslocamento Individual para uma área visitada, em R\$; e
 $\$cae_i$ = Custos Médios Individuais com alimentação e estadia durante a viagem, em R\$.

O cálculo de $\$cd_i$ inclui custos com combustível consumido na viagem de ida e volta, despesas com pedágios, etc. Se o visitante tiver se deslocado por avião ou transporte público, deve-se considerar o custo da passagem e o custo de deslocamento do ponto final (descida) desse meio de transporte até a área visitada. No caso em que o deslocamento atendeu múltiplos destinos, será necessário descontar a parcela desses gastos que não se referem à visita à área foco da análise. Para tanto, se não for possível obter a informação de valor específico para a área de interesse diretamente do visitante, basta obter dele as informações sobre itinerário e gastos adicionais e estimar o desconto posteriormente.

No cálculo de $\$cae_i$ não devem ser incluídos gastos incorridos dentro da área de visitação, pois esses são computados como impactos internalizados pela empresa que controla a área ($\$RDv$).

Considerações Importantes

Outros 2 indicadores podem contribuir para a identificação da relevância das atividades de lazer e ecoturismo: % do PIB municipal e número de empregos associados a atividades locais de lazer e turismo. Em alguns casos, repasses de ICMS ecológico também podem ser contabilizados como externalidade positiva desde que a Lei de ICMS ecológico do Estado considere áreas particulares como beneficiárias desse incentivo.

Os métodos aqui indicados também não consideram eventuais subsídios que a empresa ofereça a visitantes, como descontos na taxa de visitação, pois normalmente esses subsídios estão relacionados a questões sociais, e não ambientais, e o foco dessas diretrizes é valoração econômica ambiental.

Da maneira como foi definido, este serviço ecossistêmico não contempla o valor associado à beleza cênica quando apropriado de forma passiva, ou seja, sem gerar atividade econômica. Por exemplo, não é possível captar o valor associado ao bem-estar gerado pela contemplação da paisagem quando feita de dentro de casa, pela janela, quando a pessoa mora próxima à área de visitação (não há deslocamento nem compra de produtos ou serviços destinados especificamente a viabilizar essa contemplação).

No caso de uma valoração retrospectiva (inventário, por exemplo), o valor total de custo de viagem de todos os visitantes em um período de um ano é dado pela somatória dos custos de todas as viagens ocorridas no ano considerado na análise.

Caso haja interesse em empreender uma valoração prospectiva e estimar demandas ou receitas futuras para avaliação de projetos, será necessário ajustar um modelo para estimar a curva de demanda por visitas a partir de uma função de geração de viagens (Anexo 6).

Quadro 14. Exemplo: recreação e turismo.

Em 1999, a empresa Suzano Papel e Celulose, por meio do Instituto Ecofuturo, escolheu uma antiga fazenda de produção de eucaliptos de sua propriedade para criar um parque de 2.800 ha, reconhecido como Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, dentro do Programa Homem e Biosfera da Unesco. Com programas focados em educação ambiental, ecoturismo, manejo sustentável de recursos naturais, cultivo de espécies ameaçadas e pesquisas científicas, o Parque das Neblinas recebeu mais de 25.000 visitantes desde sua criação. No ano de 2012, o Parque recebeu 3.265 visitantes.

IMPACTO

A principal e tradicional atividade econômica na região é a pecuária leiteira de baixa produtividade, com renda média de R\$ 2.000,00/ha. Do total da área do Parque, cerca de 400 ha são APPs.

A taxa de ingresso média do Parque é de R\$ 35,00. Outras atividades da exploração do turismo (restaurante, canoa-gem, vivências, expedições científicas e oficinas) contribuíram com um valor total de R\$ 46.363,00 no ano.

Quantificação

Sacrifício na conservação da área:

$$\begin{aligned} Aae_{alt} &= A_t - A_{i_{ae}} \\ &= 2.800 - 400 \\ &= 2.400 \text{ ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Atratividade de área: } Nv/P &= 3.265/1 \\ &= 3.265 \text{ visitantes/ano} \end{aligned}$$

Valor do impacto financeiro

$$\begin{aligned} Nv/P \times \$Ti + \$RDv &= (3.265/1 \times 35,00) + 46.363,00 \\ &= R\$ 160.638,00 \end{aligned}$$

Valor do impacto econômico

$$\begin{aligned} -(Aae_{alt} \times \$Rae_{alt}) &= -(2.400 \times 2.000,00) \\ &= - R\$4.800.000,00 \end{aligned}$$

EXTERNALIDADE

Segundo levantamento do Instituto Ecofuturo, 19% dos visitantes são provenientes da cidade de São Paulo (115 km de distância), enquanto que os outros 81% são provenientes da região do entorno do parque (raio de 40 km). Quem vem de São Paulo precisa arcar com pedágio, cujo custo é de R\$ 5,40 por veículo (ida e volta). O tempo de permanência no parque é de um dia e não foram identificados gastos com alimentação ou hospedagem fora daqueles cobrados diretamente pelo Parque.

Em relação ao meio de transporte foi levantada uma média de 3,25 passageiros por veículo. O custo do deslocamento foi estimado em R\$ 0,80/km.

Quantificação

$$\begin{aligned} Nv/P \text{ São Paulo} &= 3.265 \times 19\% \\ &= 620 \text{ visitantes/ano} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nv/P \text{ Região do Parque} &= 3.265 \times 81\% \\ &= 2.645 \text{ visitantes/ano} \end{aligned}$$

Considerando que o único meio de transporte para acesso ao parque é o carro e que a média de ocupantes por carro é de 3,25 pessoas, o custo do pedágio e o custo do deslocamento por visitante são, respectivamente, R\$ 5,40/3,25 = R\$ 1,66 e R\$ 0,80/3,25 = R\$ 0,25.

Valor da externalidade

Visitantes de São Paulo:

$$\begin{aligned} Nv/P \times (\$cd_i + \$cae_i) &= 620/1 \times ([1,66 + 0,25 \times 115 \times 2] + 0) \\ &= R\$ 36.679,20 \end{aligned}$$

Visitantes da região do entorno do parque:

$$\begin{aligned} Nv/P \times (\$cd_i + \$cae_i) &= 2.645/1 \times ([0,25 \times 40 \times 2] + 0) \\ &= R\$ 52.900,00 \end{aligned}$$

Valor total das externalidades

$$\begin{aligned} &= R\$ 36.679,20 + R\$ 52.900,00 \\ &= R\$ 89.579,20 \end{aligned}$$

Este exemplo foi construído com fins didáticos e utiliza dados cedidos pelo Instituto Ecofuturo.



PRÓXIMOS PASSOS

INCORPORANDO OS VALORES DO CAPITAL NATURAL NAS DECISÕES DE NEGÓCIOS

O setor privado precisa investir na compreensão dos diversos benefícios que obtém da natureza e na tradução desses benefícios em uma linguagem que permita valorizá-los adequadamente no contexto de seus negócios. Esses benefícios não se limitam a bens e ativos ambientais. Referem-se também às condições ambientais que garantem a provisão e qualidade desses bens e ativos, ou seja, referem-se também aos serviços ecossistêmicos.

Estas diretrizes buscam dimensionar a importância dos serviços ecossistêmicos para os negócios por intermédio da estimativa de seu valor econômico. Na medida em que os demais recursos utilizados pelas empresas também são avaliados com base em seus valores econômicos, essa parece ser uma estratégia adequada para incorporar a importância do capital natural nos processos de tomada de decisões de negócios.

O valor econômico, entretanto, é apenas uma das dimensões de valor associada ao capital natural. Seus valores ecológicos, que dizem respeito à resiliência e integridade necessárias para que os ecossistemas mantenham a provisão de seus serviços; e sociocultural, relacionado a crenças, costumes e valores culturais, também devem ser considerados para que a empresa consiga, de fato, desenvolver uma gestão estratégica, eficaz e eficiente em sustentabilidade.

A efetiva incorporação do capital natural nas decisões de negócio é um processo que depende de investimentos. É fundamental desenvolver a cultura de incluir a dimensão capital natural nas diversas áreas da empresa, não apenas na sustentabilidade. Para isso, é necessário investir tempo e equipe na compreensão e aprimoramento das relações da empresa com o capital natural, em especial riscos e oportunidades de negócio, nos curto, médio e longo prazos.

APRIMORAMENTO DAS DIRETRIZES METODOLÓGICAS

O processo de aprimoramento destas diretrizes é contínuo. Com o início dos projetos piloto, em 2014, foi possível aprimorar não apenas os métodos, mas também a linguagem utilizada, de forma a torná-los mais completos e acessíveis. Nos próximos ciclos da TeSE, além da revisão e aprimoramento desta versão das diretrizes, serão desenvolvidas novas diretrizes para serviços ecossistêmicos ainda não contemplados nas DEVESE.

APRIMORAMENTO DA FERRAMENTA DE CÁLCULO

Neste ano de 2014, foi elaborada uma ferramenta de cálculo em Excel que facilita a implementação das DEVESE. Além de implementar os cálculos conforme indicados nas DEVESE, a ferramenta de cálculo traz um conjunto de dados secundários que podem ser utilizados nas estimativas na ausência de dados primários mais precisos. A ferramenta seguirá sendo aprimorada em paralelo às DEVESE.

FORMAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DAS DEVESE

A primeira rodada de projetos piloto de aplicação das DEVESE, desenvolvida em 2014, possibilitou à equipe da TeSE uma melhor compreensão das dificuldades que as empresas têm no entendimento e aplicação desse tipo de diretrizes metodológicas.

Com o intuito de facilitar a aplicação das DEVESE e possibilitar que as empresas internalizem e ganhem independência na aplicação dessa ferramenta, a equipe da TeSE irá desenvolver e oferecer, a partir de 2015, um curso prático de aplicação das DEVESE com ênfase na utilização de sua respectiva ferramenta de cálculo.

RELATO DE EXTERNALIDADES AMBIENTAIS

Após dimensionar a importância do capital natural para seus negócios e de forma a garantir suas licenças sociais de operação, as empresas terão de prestar contas à sociedade sobre o uso que fazem de recursos naturais cada vez mais escassos e que, aos olhos da sociedade, poderiam ser alocados para outros fins que não os desejados pela empresa. Nesse contexto, a TeSE desenvolveu uma primeira versão de Diretrizes Empresariais para o Relato de Externalidades Ambientais, DERE, direcionadas às externalidades contempladas nas DEVESE.

A DERE será revisada e ampliada a partir de 2015, com a participação e apoio das empresas membro da TeSE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPLETON, A. F. (2002). *How New York City used an ecosystem services strategy carried out through an urban-rural partnership to preserve the pristine quality of its drinking water and save billions of dollars and what lessons it teaches about using ecosystem services*. Tokyo: Katoomba Conference.

BERTONI, J., LOMBARDI, F., NETO (2008). *Conservação do Solo*. (6ª ed.). São Paulo: Ícone.

CONSTANTINO, A. F. & YAMAMURA, V. D. (2009). Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. *Anais do Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana*, Maringá, PR, 2.

COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S. J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S. & TURNER, R. K. (2014). Changes in the global values of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158.

DAILY, H. & FARLEY, J. (2010). *Ecological Economics: principle and applications* (2ª ed.). Washington, DC: Island Press.

DE GROOT, R., BRANDER, L., VAN DER PLOEG, S., COSTANZA, R., BERNARD, F., BRAAT, L., CHRISTIE, M., CROSMAN, N., GHERMANDI, A., HEIN, L., HUSSAIN, S., KUMAR, P., MCVITTIE, A., PORTELA, R., RODRIGUEZ, L.C., TEN BRINK, P. & VAN BEUKERING, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystem and their services in monetary units. *Ecosystem services*, 1 (1), 50-61.

FARLEY, J. (2012). Ecosystem service: the economics debate. *Ecosystem services*, 1 (1), 40-49.

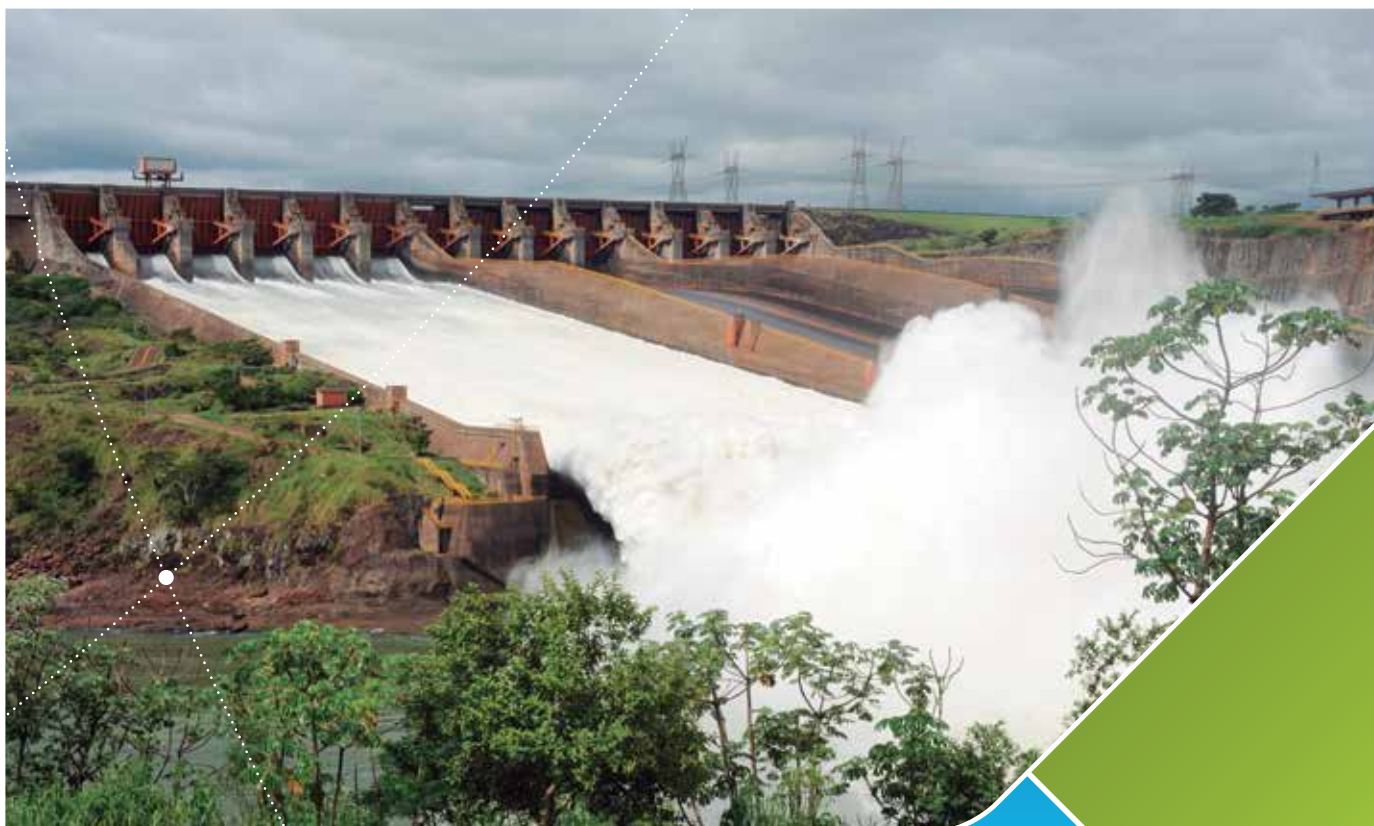
FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS. (2010). *Emissões de Dióxido de Carbono no Setor Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa* (Relatórios de Referência/2010), Brasília, DF, Ministério da Ciência e Tecnologia.

GREENLEAF, S. S., WILLIAMS, N. M., WINFREE, R. & KREMEN, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589-596.

HANSON, C., RANGANATHAN, J. e FINISDORE, J. (2012). *The corporate ecosystem services review: guidelines for identifying business risks & opportunity arising from ecosystem change*. Washington, DC: WRI. Disponível em: <http://www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Japan: Global Environmental Strategies (IGES).

KENNEDY, C. M., LONSDORF, E., NEEL, M. C., WILLIAMS, N. M., RICKETTS, T. H., WINFREE, R., BOMMARCO, R., BRITAIN, C., BURLEY, E.L., CARIVEAU, D., CARVALHEIRO, L. G., CHACOFF, N. P., CUNNINGHAM, S. A., DANFORTH, B. N., DUDENHOFFER, J., ELLE, E., GAINES, H. R., GARIBALDI, L. A., GRATTON, C., HOLZSCHUH, A., ISAACS, R., JAVOREK, S. K., JHA, S., KLEIN, A. M., KREWENKA, K., MANDELIK, Y., MAYFIELD, M. M., MORANDIN, L., NEAME, L. A., OTIENO, M., POTTS, S. G., RUNDLOF, M., SAEZ, A., STEFFAN-DEWENTER, I., TAKI, H., VIANA, B.F., WESTPHAL, C., WILSON, J. K., GREENLEAF, S. S. & KREMEN, C. (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators on agroecosystems. *Ecology Letters*, 16, 584-599.



Lei nº 13.978, de novembro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. São Paulo, SP.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). 2005. *Ecosystems and human well-being: opportunities and challenges for business and industry.* Washington, DC: WRI.

NICKENS, E. (1998). A watershed paradox: New York City's water quality protection efforts. *American Forests*, 103 (4), 21-24.

Projeto de Lei nº 792, de abril de 2007. (2007). Dispõe sobre a definição de serviços ambientais e dá outras providências. Brasília, DF.

RICKETTS, T. H. & LONSDORF, E. (2013). Mapping the margin: comparing the marginal values of tropical forests remnants for pollination services. *Ecological Applications*, 23 (5), 1113-1123.

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

SOUSA, W. C., Jr. (2011). *Pagamento por Serviços Ecosistêmicos: mata ciliar, erosão, turbidez e qualidade de água* (Relatório Técnico), São Paulo: SMA.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2012a). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: ecological and economic foundation.* New York: Routledge.

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2012b). *The Economics of Ecosystem and Biodiversity in Business and Enterprise.* London: Earthscan.

Verified Carbon Standard (VCS). (2012). *VM0015: Methodology for Avoided Unplanned Deforestation*, v. 1.1. Amazonas Sustainable Foundation, BioCarbon Fund.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Atualização Financeira de Valores Futuros

A fórmula básica para atualização financeira de valores futuros é:

$$VP = \sum_{n=1}^N [VF_n / (1 + i)^n]$$

No qual: VP = Valor presente;
N = Período;
VF = Valor futuro; e
i = Taxa de desconto.

Apêndice 2 - Regulação da Qualidade da Água: diagrama sobre dependência e impacto

A seguir são discutidos os conceitos de dependência e impacto adotados nas DEVESE para regulação da qualidade da água. A análise abaixo aplica-se a qualquer parâmetro de qualidade da água.

IQIa = Impacto da ausência ou limitação de serviços ecossistêmicos na regulação da qualidade da água captada pela empresa;

QIa_{ideal} = Qualidade ideal da água necessária para as operações da empresa;

QIa_{cap} = Qualidade de água captada pela empresa;

QIa_{max} = Qualidade máxima da água sob níveis máximos de regulação ecossistêmica, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente preservados;

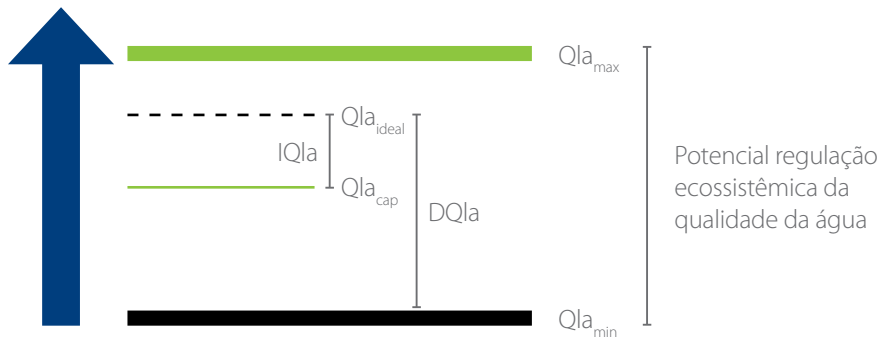
QIa_{min} = Qualidade mínima da água, em seu ponto de captação, na hipótese de níveis mínimos de regulação ecossistêmica da qualidade da água, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente degradados;

DQIa = Dependência da empresa em relação ao serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água.

No caso de parâmetros que tenham relação diretamente proporcional à qualidade da água, ou seja, em que quanto maior seu valor estimado, maior será a qualidade da água, suas estimativas ou medições (Qla_{ideal} , Qla_{cap} , Qla_{min}) devem ser multiplicadas por -1 antes de serem inseridas nas fórmulas que estimam $DQla$ e $IQla$.

Situação 1. Ocorre impacto real e negativo, $IQla: Qla_{ideal} > Qla_{cap}$

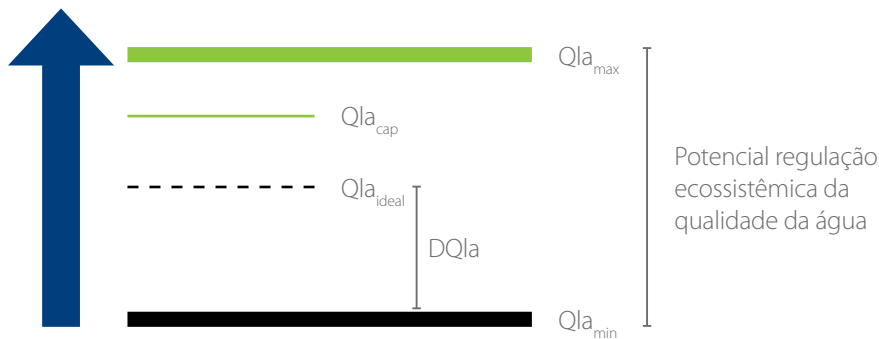
Nível de qualidade da água



Neste caso, o impacto é negativo, pois a qualidade da água captada é inferior à qualidade da água ideal para as atividades da empresa; e equivale a $Qla_{ideal} - Qla_{cap}$.

Situação 2. Não ocorre impacto, $IQla: Qla_{ideal} < Qla_{cap}$

Nível de qualidade da água



Neste caso não há impacto negativo, já que a qualidade atual da água é superior à qualidade ideal para a empresa, e não há impacto positivo já que a empresa não tem como se beneficiar dessa melhor qualidade da água captada.

Apêndice 3 – Regulação da Polinização Selvagem: detalhamento dos cálculos do exemplo

Método 2 – Polinização Selvagem

Impacto: quantificação

Etapa 2

As distâncias entre a plantação de café e os remanescentes florestais são: 100 m para FF1, 1.000 m para FF2, 7.350 m para FF3 e 5.300 m para FF4.

Como FF3 está além da distância de voo das 3 espécies de polinizadores identificadas na região (GREEN-LEAF et al, 2007), não contribui para a polinização do café da fazenda (única área *n* deste exemplo).

i = *A. mellifera*:

$$\begin{aligned} Ap_{jin} &= [15 \times 30.000 \times 2,7183^{(-100/5900)} + \\ &\quad 5 \times 30.000 \times 2,7183^{(-1000/5900)} + \\ &\quad 3 \times 21.163 \times 2,7183^{(-5300/5900)}] \\ &= 442.437 + 126.614 + 25.857 \\ &= 594.907 \end{aligned}$$

i = *M. fasciata*:

$$\begin{aligned} Ap_{jin} &= [15 \times 20.000 \times 2,7183^{(-100/1500)} + \\ &\quad 5 \times 20.000 \times 2,7183^{(-1000/1500)} + \\ &\quad 3 \times 14.108 \times 2,7183^{(-5300/1500)}] \\ &= 280.652 + 51.342 + 0 \\ &= 331.994 \end{aligned}$$

i = *T. angustula*:

$$\begin{aligned} Ap_{jin} &= [15 \times 10.000 \times 2,7183^{(-100/700)} + \\ &\quad 5 \times 10.000 \times 2,7183^{(-1000/700)} + \\ &\quad 3 \times 7.054 \times 2,7183^{(-5300/700)}] \\ &= 130.032 + 0 + 0 \\ &= 130.032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ap_{jn} &= Ap_{Am} + Ap_{Mf} + Ap_{Tā} \\ &= 594.907 + 331.994 + 130.032 \\ &= 1.056.933 \text{ espécimes} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ap_n &= Ap_{jn}/A_{jn} \\ &= 1.056.933 / 100 \\ &= 10.569 \text{ espécimes/ha} \end{aligned}$$

Quantificação: impacto e externalidade

Determinação dos parâmetros *a* e *b*:

$$\begin{aligned} a &= - (Pmca_{café} \times DPca_{café}) / Dpca_{café}^2 \\ &= - (2,5 \times 0,33) / 50.0002 \\ &= - 3,3 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= - 2 \times a \times Dpca_{café} \\ &= - 2 \times (- 3,3 \times 10^{-10}) \times 50.000 \\ &= 3,3 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Apêndice 4 – Regulação da Erosão do Solo: detalhamento dos cálculos do exemplo

Quantificação: aplicação da EUPS

Dependência

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:

a	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 1	x 35	= 92.513,81
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 1	x 35	= 98.195,89

a	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,01	x 35	= 925,14
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,01	x 35	= 981,96

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 1	x 50	= 103.573,42
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 1	x 100	= 264.325,18
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 1	x 200	= 561.119,37
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 1	x 600	= 2.103.168,69
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 1	x 150	= 525.792,17

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 0,01	x 50	= 1.035,73
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,01	x 100	= 2.643,25
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,01	x 200	= 5.611,19
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 600	= 21.031,69
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 150	= 5.257,92

Impacto

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:

a	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,12	x 35	= 11.101,66
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,25	x 35	= 24.548,97

a	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,01	x 35	= 925,14
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,01	x 35	= 981,96

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 1	x 50	= 103.573,42
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,12	x 100	= 31.719,02
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,25	x 200	= 140.279,84
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,25	x 600	= 525.792,17
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 150	= 5.257,92

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 0,01	x 50	= 1.035,73
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,01	x 100	= 2.643,25
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,01	x 200	= 5.611,19
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 600	= 21.031,69
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 150	= 5.257,92

Externalidade

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 1	x 10	= 20.714,68
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,12	x 35	= 11.101,66
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,25	x 35	= 24.548,97
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,25	x 0	= 0
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 20	= 701,06

a	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	x 0,057	x 7,47	x 0,01	x 10	= 207,15
pc	4865	x 0,047	x 11,56	x 0,01	x 35	= 925,14
pd1	4865	x 0,047	x 12,27	x 0,01	x 35	= 981,96
pd2	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 0	= 0
fc	4865	x 0,047	x 15,33	x 0,01	x 20	= 701,06

ANEXOS

Anexo 1 – Método de Custos de Reposição (MCR)

O Método de Custos de Reposição (MCR) baseia-se na premissa de que os custos incorridos (ou estimados) para reposição, restauração ou substituição da quantidade ou da qualidade de um serviço ecossistêmico constituem estimativa válida do valor dos benefícios que tal serviço ecossistêmico representa para os negócios dessa empresa. Assim, a perda desse serviço ecossistêmico representaria um ônus à atividade da empresa, parcialmente refletido no valor monetário que deveria ser pago para a reposição da oferta desse serviço. Custos relacionados às compensações ambientais são também considerados no contexto deste método.

As estimativas feitas por meio do MCR são realizadas com base em preços de mercado dos produtos e serviços necessários para efetivamente substituir, recompor ou restaurar tais serviços ecossistêmicos. Por isso, o MCR é classificado no grupo de métodos de função de produção. Métodos desse grupo buscam estimar os valores econômicos associados a serviços ecossistêmicos por meio de valores monetários de custos associados à produção da empresa, que, de alguma forma, é influenciada pelo serviço ecossistêmico.

Vale ressaltar que, como os demais métodos de valoração econômica ambiental, o MCR pode ser utilizado em análises *ex-ante* (prospectivas) e *ex-post* (retrospectivas). Assim, pode ser utilizado para estimar valores associados a perdas que podem ocorrer no futuro (abordagem *ex-ante*), ou para estimar valores associados a perdas que já aconteceram no passado (abordagem *ex-post*).

O MCR normalmente não exige análises matemáticas ou estatísticas complexas para a determinação final do valor econômico associado ao serviço ecossistêmico. Na maioria das vezes, o cálculo se dá pela somatória dos valores dos custos com compensação, recomposição e/ou restauração. Em algumas situações, entretanto, análises de regressão múltiplas podem ser necessárias.

O MCR é bastante semelhante ao MCE (Método de Custos Evitados, Anexo 3), com a diferença fundamental de que o MCE estima valores relacionados à prevenção de perdas em quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos, enquanto que o MCR estima valores relacionados à recuperação dessas perdas.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo 3, nas seções sobre provisão de água, provisão de biomassa combustível, regulação da qualidade da água, regulação do clima global, regulação da polinização e regulação da erosão do solo.

Bibliografia Consultada

MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., & VINHA, V. (2003). *Economia do meio ambiente: TEORIA E PRÁTICA*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier.

SEROA DA MOTTA, R. (2006). *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

SEROA DA MOTTA, R. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA: PNUD; CNPQ.

Anexo 2 – Método de Produtividade Marginal (MPM)

O Método Produtividade Marginal (MPM), também conhecido como método dose-resposta (MDR), baseia-se na premissa fundamental de que o serviço ecossistêmico é ou pode ser considerado insumo do processo produtivo da empresa. Nesses termos, uma variação na quantidade ou qualidade de um determinado serviço ecossistêmico – a “dose” do MDR – implicará em uma variação na produtividade da empresa – a “resposta” do MDR.

A etapa crítica da aplicação deste método, portanto, é a determinação da relação entre o serviço ecossistêmico e a produtividade da empresa, a chamada “função dose-resposta”. Obtida essa relação, a valoração econômica em si é feita por meio da estimativa dos valores monetários relativos à perda ou ganho de produção (a resposta).

Portanto, os valores monetários inferidos para a *resposta*, ou seja, as perdas ou ganhos de produção, são adotados como estimativas do valor monetário da *dose* – a variação de quantidade ou qualidade do serviço ecossistêmico.

A função dose-resposta é normalmente obtida por meio de métodos estatísticos de regressão simples ou múltipla. Adota-se regressão simples se for possível assumir que o serviço ecossistêmico em questão é o único fator determinante da resposta observada. Se houver qualquer outro fator influenciando a resposta que se pretende valorar, será necessário mensurá-lo e incluí-lo na análise, o que pedirá métodos de regressão múltipla.

O método de produtividade marginal ou função dose-resposta, portanto, busca estimar o valor econômico por meio de uma função de produção que reflete parcialmente pontos de uma possível curva de oferta ou, mais precisamente, a perdas ou ganhos de produtividade.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo 3, na seção sobre regulação da polinização.

Bibliografia Consultada

MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., & VINHA, V. (2003). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier.

SEROA DA MOTTA, R. (2006). *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

SEROA DA MOTTA, R. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA: PNUD; CNPQ.

Anexo 3 – Método de Custos Evitados (MCE)

O Método de Custos Evitados (MCE), também chamado de Método de Gastos Preventivos ou Defensivos (MGD), fundamenta-se na premissa de que gastos com produtos ou serviços substitutos (ou, raramente, complementares) a um determinado serviço ambiental podem ser entendidos como estimativas do valor monetário do benefício que tal serviço ecossistêmico representa. Assim, investimentos na prevenção de perdas para os negócios em função de variações de quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos ou na prevenção de impactos negativos dessas perdas constituem estimativas plausíveis, ao menos em parte, dos benefícios que esses serviços ecossistêmicos representam para a empresa, ou de eventuais externalidades geradas pela empresa.

Vale ressaltar que o MCE, assim como os demais métodos de valoração econômica ambiental, pode ser utilizado em análises *ex-ante* (prospectiva) e *ex-post* (retrospectiva). Como já destacado, pode ser utilizado para estimar custos da prevenção de perdas de serviços ecossistêmicos ou impactos delas decorrentes que poderiam ou podem ocorrer no futuro (abordagem *ex-ante*), ou pode ser utilizado para estimar valores que seriam desembolsados com prevenção de perdas de serviços ecossistêmicos ou seus impactos que já tenham ocorrido (abordagem *ex-post*).

O MCE normalmente não pede análises matemáticas ou estatísticas complexas. A determinação final do valor econômico associado ao serviço ecossistêmico se dá pela somatória dos valores dos custos com prevenção de perdas em quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos ou dos impactos negativos delas decorrentes. Em algumas situações, entretanto, análises de regressão múltiplas podem ser necessárias.

Enfim, o MCE é bastante semelhante ao MCR (Método de Custos de Reposição, descrito no Anexo 1), com a diferença fundamental de que o MCE estima valores relacionados à prevenção de perdas para os negócios em função de variações na quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos, enquanto que o MCR estima valores relacionados à recuperação dessas perdas.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo 3, nas seções sobre regulação da qualidade da água e regulação da assimilação de efluentes.

Bibliografia Consultada

MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., & VINHA, V. (2003). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier.

SEROA DA MOTTA, R. (2006). *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

SEROA DA MOTTA, R. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA: PNUD; CNPQ.

Anexo 4 – Método de Custo de Oportunidade (MCO)

O Custo de Oportunidade é definido como a melhor alternativa da qual se desiste quando uma escolha é feita. Pode ser calculado como a diferença entre a opção que foi feita (atual) e sua melhor alternativa econômica: opção atual – melhor alternativa econômica. Nesses termos, o custo de oportunidade pode ser visto como uma medida de valor de renda sacrificada.

Este método (MCO) tem sido muito utilizado para valorar usos de solo, sendo a base da maioria dos sistemas de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. Costuma ser de fácil aplicação, à medida que a renda sacrificada seja de fácil estimação.

Sua principal fragilidade está em não ser sensível à intensidade dos benefícios ou danos ambientais gerados na área que está sendo valorada. Em outras palavras, não importa quantas externalidades positivas uma determinada área gera, ou quão importantes elas são para seus beneficiários: a renda sacrificada em relação à alternativa de uso econômico mais vantajosa para essa área é a mesma. De fato, tal custo de oportunidade apenas se alteraria se os preços no mercado de onde essa renda alternativa é obtida variassem. Mas,

esse mercado pode ser parcial ou completamente independente da geração de externalidades na área considerada. O mesmo raciocínio pode ser feito para externalidades negativas.

No caso de sistemas de pagamentos por serviços ambientais (PSA), o MCO é utilizado como referência para a definição do valor a ser pago pelas práticas conservacionistas a serem contratadas. A lógica é que, para incentivar o proprietário rural a mudar sua prática de uso de solo, o benefício pago na forma de PSA somado à renda da prática conservacionista que se pretende incentivar deve ser superior à renda obtida da prática de uso do solo atualmente empregada. Se assim for, ou seja: $\text{renda da prática de uso do solo atual} - (\text{renda da prática conservacionista de uso de solo} + \text{PSA}) < 0$, o proprietário rural trocará a prática tradicional pela prática conservacionista, pois terá benefício econômico nessa troca. Cabe ressaltar que o tipo e a quantidade de benefícios gerados pela prática conservacionista, bem como sua importância para aqueles que delas se beneficiam não participam diretamente da estimativa de tal custo de oportunidade. O valor de *PSA* é determinado pela diferença entre as rendas das duas práticas consideradas (normalmente adicionado de um pequeno valor para prevenir que oscilações de preços de mercado invertam o sinal da equação).

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo 3, nas seções sobre provisão de biomassa combustível e recreação e turismo.

Bibliografia Consultada

DAILY, H. & FARLEY, J. (2010). *Ecological Economics: principle and applications* (2ª ed.). Washington, DC: Island Press.

PAGIOLA, S., VON GLEHN, H. C., & TAFFARELLO, D. (2012). *Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

RIGONATTO, C. A. (2006). *Quem paga a conta? Subsídios e Reserva Legal: avaliando o custo de oportunidade do uso de solo*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, DF, Brasil.

Anexo 5 – Custo Social do Carbono (CSC)

O CSC é um parâmetro que representa o custo estimado dos prováveis impactos da adição de uma tonelada de carbono na atmosfera – sob a forma de CO₂ – na produtividade agrícola, na saúde humana, bem como danos a propriedades públicas ou privadas associados a riscos de enchentes e outros impactos que possam ser mensurados e valorados monetariamente no contexto das mudanças climáticas.

A referência de CSC adotada nestas diretrizes é o *Technical Support Document: Technical Update of Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866* (Interagency Working Group on Social Cost of Carbon (IWGSCC), 2013) estudo elaborado por um grupo de trabalho do qual participaram 11 diferentes agências do governo norte-americano, dentre elas: Department of Treasury, Department of Agriculture, Office of Science and Technology Policy, Department of Energy, National Economic Council e United States Environmental Protection Agency.

O estudo, cuja primeira versão foi publicada em 2010, foi baseado em 3 modelos indicados na literatura especializada, e que foram também utilizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC): DICE, PAGE e FUND. Esses modelos basicamente estimam aumentos de temperatura decorrentes dos níveis de emissões de GEE e os danos econômicos decorrentes dos impactos desses aumentos de temperatura. Para tanto, baseiam-se em parâmetros obtidos da literatura científica sobre a relação entre a variação da temperatura e diversas outras variáveis ambientais e socioeconômicas. Os impactos em geral estão relacionados com mudanças nos regimes pluviométricos, aumento nos níveis nos oceanos, enchentes, aumento na incidência de doenças, etc. Abaixo seguem os valores de CSC calculados pelo governo norte-americano.

Custo Social do Carbono, em US\$ de 2007, para diferentes anos e taxas de desconto. Em vermelho, o valor de CSC adotado neste guia. LS 95% significa a nonagésima quinta estimativa mais alta obtida dos 3 modelos para a taxa de desconto de 3% que representa estimativas para impactos acima do esperado.

Ano	Taxas de desconto			
	Média	Média	Média	LS 95%
	5%	3%	2,50%	3%
2010	11	33	52	90
2015	12	38	58	109
2020	12	43	65	129
2025	14	48	70	144
2030	16	52	76	159
2035	19	57	81	176
2040	21	62	87	192
2045	24	66	92	206
2050	27	71	98	221

Fonte: IWGSCC (2013)

Referência Bibliográfica

INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON. (2013). Technical Support Document: Technical Update of Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. United States: United States Government.

Anexo 6 - Método de Custo de Viagem (MCV)

O Método de Custo de Viagem (MCV) é baseado na revelação das preferências das pessoas por meio de tempo e gastos realizados em viagens para fins de recreação, lazer e turismo. Trata-se, portanto, de um método que busca estimar o valor econômico do serviço ecossistêmico por meio da curva de demanda por esse serviço. A premissa fundamental é que tais gastos refletem, no mínimo, os benefícios proporcionados por localidades que permitem atividades de recreação, lazer e ecoturismo.

O MCV considera o comportamento real, ou seja, os gastos efetivos das pessoas ao invés de estimativas de gastos que as pessoas estão dispostas a fazer para desfrutar dos benefícios de áreas de lazer e ecoturismo. Em geral, tanto o método quanto a interpretação dos resultados obtidos são simples. Os dados normalmente são levantados via questionário ou entrevistas com visitantes da área que está sendo avaliada. O questionário ou as entrevistas devem obter, no mínimo, informações sobre:

1. Gastos incorridos com deslocamento (combustíveis, pedágios, aluguel de carros, passagens, etc.);
2. Gastos com estadia e alimentação (hotéis, refeições, lanches, mesmo que comprados ainda antes da viagem); e
3. Gastos com taxas de acesso à área (ingresso, licenças anuais, etc.).

Com esses dados é possível estimar o valor econômico do serviço ecossistêmico para aqueles que visitaram a área. Caso haja interesse em extrapolar o resultado para um grupo de pessoas ainda maior, como as populações de cidades do entorno, as seguintes informações também devem ser obtidas:

4. Origem do visitante;
5. Frequência com que visita a área;
6. Renda;
7. Idade;
8. Gênero; e
9. Nível educacional.

Com informações sobre essas 9 variáveis, em uma amostra representativa de questionários/entrevistas, será possível estimar um modelo estatístico, via análise de regressão multivariada, que permitirá a extrapolação dos resultados para um universo maior de pessoas.

Portanto, o levantamento de dados mais precisos depende de haver controle do acesso à área cujos serviços ecossistêmicos serão valorados. Outras formas de obter esse tipo de dado que não no dia de acesso à área tendem a apresentar resultados distorcidos, pois as pessoas podem não se lembrar mais dos gastos incorridos ou podem se confundir e passar informações equivocadas.

Uma aplicação mais complexa do MCV pode incluir custos de oportunidade relacionados ao valor-hora de recreação, lazer e turismo de uma pessoa. Esses custos de oportunidade poderiam ser obtidos caso os visitantes tivessem deixado de realizar outras atividades econômicas para visitar a área.

Um dos principais desafios do MCV é a atribuição de custos para viagens com múltiplos destinos ou com múltiplos propósitos. Atenção especial deve ser dada à formulação do questionário e ao cálculo da proporcionalidade dos custos de viagem diretamente relacionados à visita à área onde o serviço ecossistêmico será valorado.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo 3, na seção sobre recreação e turismo.

Bibliografia Consultada

MAIA, A. G., & ROMEIRO, A. R. (2008). Validade e confiabilidade do método de custo de viagem: um estudo aplicado ao Parque Nacional da Serra Geral. *Economia Aplicada*,12(1), 103-123.

MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., & VINHA, V. (2003). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier.

SEROA DA MOTTA, R. (2006). *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

SEROA DA MOTTA, R. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA; PNUD; CNPQ.

ORTIZ, R.A., MOTTA, R.S., & FERRAZ, C. A. (2000). A estimação do valor ambiental do Parque Nacional do Iguaçu através do método de custo de viagem. *Pesquisa e Planejamento Econômico*,30(3), 355 - 382.

