

**UNIVERSIDADE BRASIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
CAMPUS FERNANDÓPOLIS**

**ANSELMO RIBEIRO ANDRIOLO**

**PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇO AMBIENTAL -  
PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE VALORAÇÃO MONETÁRIA**

**PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES - PROPOSITION OF A  
MONETARY VALUATION METHOD**

Fernandópolis – SP

2023

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ANSELMO RIBEIRO ANDRIOLO**

**PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇO AMBIENTAL -  
PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE VALORAÇÃO MONETÁRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela  
**Orientador**

Prof. Dr. Evandro Roberto Tagliaferro  
**Coorientador**

Fernandópolis – SP  
2023

Andriolo, Anselmo Ribeiro.

A585p Pagamento municipal por serviço ambiental – Proposição de um método de valoração monetária. / Anselmo Ribeiro Andriolo – Fernandópolis: Universidade Brasil, 2024.

50f.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela.

Coorientador: Prof. Dr. Evandro Roberto Tagliaferro.

1. Economia. 2. Meio-Ambiente. 3. PSA. 4. ASG.  
5. Sustentabilidade. I.Título.

CDD 333.7



**UNIVERSIDADE  
BRASIL**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**ANSELMO RIBEIRO ANDRIOLO**

**"PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇO AMBIENTAL - PROPOSIÇÃO DE  
UM MÉTODO DE VALORAÇÃO MONETÁRIA"**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela (presidente-orientador)

  
~~Prof. Dr. Evandro Roberto Tagliaferro  
(UNIVERSIDADE BRASIL)~~  
Prof. Dr. Marcelo Luis Murari

(INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO/IFSP)

Fernandópolis-SP, 27 de novembro de 2023.

**Presidente da Banca Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela**



**UNIVERSIDADE  
BRASIL**

### Termo de Autorização

**Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

**Título do Trabalho: "PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇO AMBIENTAL - PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO DE VALORAÇÃO MONETÁRIA"**

Houve alteração do Título: sim ( ) não ( X ):

Autor(es):

Discente: **Anselmo Ribeiro Andriolo**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Orientador(a): **Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela**

Assinatura: \_\_\_\_\_

Data: 27/11/2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos aqueles que o tornou possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial à família, pela paciência e incansável esforço em me incentivar.

## RESUMO

Em janeiro de 2021 foi sancionada no Brasil a Lei Federal nº 14.119 que dispõe sobre pagamento por serviço ambiental. Tal ordenamento possibilita que as partes envolvidas estabeleçam, em comum acordo, tanto o valor, quanto a forma do pagamento pelo serviço ambiental. O objetivo do presente trabalho é a proposição de um método de valoração monetária para este pagamento por serviço ambiental, mas quando provido pelo indivíduo, e, não apenas, por organizações ou pautados por interesses institucionais que, em grande parte, desconsideram aspectos sociais e ambientais. Estimular o provimento do serviço ambiental pelo cidadão, favorecendo monetariamente aspectos de eficácia e de eficiência coloca-se como um importante diferencial neste trabalho. Estudo aplicado, dedutivo, bibliográfico, de abordagem quali-quantitativa, natureza comparativa, de caráter experimental, se debruçou na investigação da valoração monetária para pagamento por serviços ambientais que atendesse às questões apresentadas. Como resultado o trabalho propôs que um custo de referência, descontados custos e despesas indiretas, seja calibrado através de índices de eficácia e de eficiência. Adicionalmente, o resultado possibilita incentivar o desenvolvimento de cadeias econômicas desestruturadas e difusas, a fim de proverem os serviços ambientais e o desenvolvimento social e econômico. Há diversas iniciativas para tratamento destas questões e, neste sentido, os serviços ambientais têm se mostrando uma relevante alternativa para contribuir positivamente na solução dos desafios econômicos, com benefícios ambientais e sociais.

**Palavras-chave:** Economia. Meio-ambiente. PSA. ASG. Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

In January 2021, Federal Law No. 14,119 was enacted in Brazil, which introduced the payment for environmental services. It determines that the parties involved may establish in agreement the amount and the payment method for the environmental service. The objective of this work is to propose a method of monetary valuation for payment for environmental services when provided by the individual, which should encourage the provision of environmental services by citizens, monetarily favoring effectiveness and efficiency aspects. For this purpose, through an applied, deductive, bibliographic study, with a qualitative and quantitative approach, of comparative and experimental nature, we focused on investigating monetary valuation for payment for environmental services that respond to the questions presented. As a result, the work proposed that a reference cost, discounting indirect costs and expenses, has to be calibrated through effectiveness and efficiency indices. Additionally, the result makes it possible to encourage the development of unstructured and diffuse economic chains to provide environmental services and social and economic development.

**Keywords:** Economy. Environment. PES. ESG. Sustainability.

## **DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

O trabalho propões um método valoração monetária para pagamento por Serviço Ambiental provido por um cidadão. Serviços ambientais são ações feitas pelo ser humano que geram benefícios aos ecossistemas. Até a promulgação da Lei Federal de 14.119 de 2021 no Brasil não havia regulação pública para pagamento por serviço ambiental. O método proposto se baseia nos objetivos desta lei e em como, através de ponderações de eficácia e de eficiência é possível estimular a participação de indivíduos na cadeia de serviços ambientais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspectos fundamentais considerados no desenvolvimento da metodologia para o PMSA.....	23
Figura 2 - Tendência do Fator de Ajuste em função da relação Eficácia x Eficiência. .....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escopo dos Serviços Ecosistêmicos influenciados pelo Serviço Ambiental. .....	30
Tabela 2 - Demanda Ecosistêmica (DE). .....	32
Tabela 3 - Variação do Capital Natural (VCN).....	33
Tabela 4 - Cálculo do Índice de Eficácia (IEx).....	34
Tabela 5 - Índice de eficácia (IEx). .....	35
Tabela 6 - Índice de Eficiência .....	36
Tabela 7 - Pontuação da Pegada Ecológica (PPE).....	37
Tabela 8 - Índice de eficiência (IEy). .....	37
Tabela 9 - Valores do Fator de Ajuste (FA). .....	37

## **SUMÁRIO**

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS .....	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3 REVISÃO DA LITERATURA .....	17
3.1 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS .....	17
3.2 LEI FEDERAL n. 14.119/2021 .....	18
3.3 ECONOMIA.....	21
3.4 CAPITAL NATURAL.....	22
3.5 PEGADA ECOLÓGICA .....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 PROPOSIÇÃO .....	28
5.1.1 SISTEMA DE VALORAÇÃO PARA PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (SisPASA).....	29
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE A – Simulação de aplicação.....	42
ANEXO A – Tabela Cálculo do Fator de Ajuste. ....	50

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo tradicional capitalista extrativista desconsidera as interações entre o meio ambiente e o bem-estar da sociedade. Entende-se que há um ciclo fechado envolvendo dinheiro, produtores, empresas e consumidores (OLIVEIRA, 2017), favorecendo a concentração de renda, aumentando as desigualdades sociais e o consumo irrestrito de recursos naturais. Entretanto, o desenvolvimento humano pautado neste modelo econômico é, também, limitado pela disponibilidade do uso dos recursos naturais. A escassez desses recursos interfere diretamente na evolução socioeconômica, podendo levar ao aumento de conflitos e deslocamentos de populações. Isso geraria impactos negativos no desenvolvimento humano a longo prazo (ZAPATA; GUEDES, 2017).

Existem, pelo menos, duas formas de proteger ou recuperar os recursos naturais preconizando o desenvolvimento fundamentado no social, econômico e ambiental. A primeira seria pela adoção de medidas punitivas, como as autuações ambientais descritas na legislação brasileira (FERRARI; LIMA, 2018), enquanto a segunda pelo uso de medidas incentivadoras, como remunerações por ações sustentáveis em relação aos recursos naturais, como, por exemplo, o mercado de créditos de carbono.

Mais recentemente no Brasil, foi regulamentada uma forma de incentivo ao uso sustentável dos recursos naturais, já denominada antes da regulamentação, pagamento por serviços ambientais (PSA), sancionada na Lei Federal nº. 14.119/2021, instituindo a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Entre seus objetivos, está o de reconhecer iniciativas individuais por meio de retribuição monetária e fomentar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2021). Apesar de ser amplamente praticada anterior à regulação haver a prática, ela não era tipificada desta forma.

Pelo fato das pesquisas realizadas até o momento de publicação deste trabalho não mostrarem evidências objetivas de divulgação do tema à um público difuso ou estudos estatísticos diretamente relacionados, assume-se que o tema PSA é difundido no Brasil, prioritariamente, a um público qualificado como investidores financeiros, produtores agrícolas ou industriais ou estudantes e demais acadêmicos.

Um exemplo é o mercado de ações brasileiro pela criação do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISEB3), que agrupa empresas que tratam o ambiente com maior maturidade e seriedade (ISEB3, 2019). Essas iniciativas representam um

avanço ao acesso no provimento de serviços ambientais, porém, com baixa abrangência ao cidadão comum, aquele que não se apresenta por alguma entidade jurídica, organização social ou outra forma que o descaracterize como indivíduo.

O PSA poderia ser mais efetivo se houvesse um alcance municipal, mais próximo ao cidadão, não só preconizando nos grandes mercados econômicos, mas também com possibilidade de remunerar ações comunitárias ou individuais em nível local. É possível encontrar nos meios de comunicação formal dos poderes públicos, alguns programas de PSA, a exemplo do Estado São Paulo, o Programa Nascentes e em Minas Gerais, o Projeto Águas de Ubá. Em nível municipal pode-se exemplificar no que ocorre no município de Fernandópolis – SP, que sancionou em 2022 uma política pública de Pagamento Municipal por Serviços Ambientais (FERNANDÓPOLIS, 2022).

Os programas governamentais, em geral, fazem o PSA diretamente por recursos públicos ou incentivos à iniciativa privada, com redução de impostos ou dívidas, para aportarem recursos que são destinados aos provedores de serviços ambientais.

Mas o principal entrave para essa aplicação em ampla escala é a ausência de um arcabouço legal que abranja o indivíduo, bem como a definição de uma metodologia objetiva e de fácil aplicação para valorar monetariamente os pagamentos municipais por serviços ambientais.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é propor método de valoração monetária para Pagamento Municipal por Serviço Ambiental (PMSA).

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar referências financeiras viáveis para pagamento por serviço ambiental;
- Estabelecer critérios de mensuração de eficácia e de eficiência de um serviço ambiental;
- Estimular participação do indivíduo ao provimento de serviços ambientais.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

O estudo bibliográfico deste trabalho foi feito com foco na proposição de um método de valoração monetária para pagamento por serviço ambiental.

Para tanto foi feito um estudo sobre Pagamento por Serviço Ambiental, sobre a Lei Federal 14.119/2021 que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Foram estudados também aspectos econômicos que influenciam a prestação de serviços ambientais. Não obstante foram consultados materiais diversos que ofereceram subsídios para estruturar de forma viável a proposta a fim de tornar o provimento de serviços ambientais atrativos para o indivíduo sendo justo economicamente, bem como mais efetivo ambientalmente.

#### 3.1 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

O tema pagamento por serviços ambientais tem ganhado visibilidade nas discussões econômicas este fato se deve às mudanças de paradigmas ambientais e econômicos, bem como na percepção da finitude dos recursos ambientais e os impactos que a escassez desses terão sobre o status-quo estabelecido.

A mudança do paradigma ambiental mostrou a necessidade de se repensar as práticas de apropriação dos sistemas naturais e também a criação de novos instrumentos que incentivem a preservação desses (TÁVORA et. al., 2018).

TÁVORA et. al. (2018) entendem ainda que o modelo de desenvolvimento baseado na eficácia da acumulação levou “as lógicas industriais, consumista, utilitarista e produtivista” e construiu a “visão dicotômica na relação homem natureza”.

Na década de 1960 surgem os primeiros estudos considerando os recursos naturais fazendo parte de um sistema fechado e limitado. O estudo que marca esse momento é o elaborado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) a pedido do Clube de Roma. O produto deste estudo ficou conhecido como Os Limites do Crescimento e desencadeou uma série de discussões e eventos até a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em 1972.

Apesar de não haver consenso e uma diretriz clara as conversas seguiram em diversas instâncias como a criação do Programa do Meio Ambiente das Nações

Unidas, a Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e o relatório “Nosso Futuro Comum”.

Este é um marco da participação pública relacionado ao fim consumo de recursos ambientais de forma caótica e desestruturada e para que as ações e programas tenham efeito positivo, tanto no meio ambiente, quanto na sociedade e economia seria necessária uma ação conjunta e foram definidos os Objetivos do Milênio, Metas do Milênio e outros compromissos em que os países deveriam aderir como parte de uma política internacional.

Para que não houvesse um possível colapso dos sistemas econômicos vigentes, oriundo do consumo irrestrito dos recursos ambientais, criaram-se formas de remuneração da preservação ambiental como créditos de carbono (DIAS, 2016). Foram feitos estudos sobre os ecossistemas e os benefícios que eles trazem para manutenção da vida no planeta relacionando-os com os aspectos econômicos. Isso viabiliza o que entendemos hoje como pagamentos por serviços ambientais.

O tema pagamento por serviço ambiental ainda é, relativamente, pouco difundido, sendo suas ações e possibilidades direcionadas a grandes detentores de capital como latifundiários, indústrias e investidores. O que até então fazia sentido, pois são os grandes consumidores de recursos naturais.

A participação do indivíduo no provimento de serviço ambiental pode ser entendida pelo estudo “Não Tinha Trabalho, mas Tinha Reciclagem’: Sentidos do Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis”. Explicita que o catador provém o serviço ambiental como forma de sobrevivência, não com a intenção de benefício ambiental, o entende como ausência de trabalho, está em uma condição de vulnerabilidade material e social (BRAGA; LIMA; MACIEL, 2015). Este contexto pode ser extrapolado para outras situações, e de fato ser entendido como, de forma genérica como indivíduo realiza e percebe tal atividade.

Em 2021, por pressões sociais e restrições ambientais que já impactavam a economia, foi sancionada a lei federal 14.119/2021.

### 3.2 LEI FEDERAL n. 14.119/2021

Em um histórico recente temos que no ano de 2015 “195 países adotaram o primeiro acordo climático global universal e juridicamente vinculante” (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2022). Nos anos seguintes discutiram-se temas como tráfico de animais abordando preservação de espécies

selvagens, caça predatória e comércio ilegal. Foram tratados também assuntos relacionados à poluição em todas suas formas, porém a atmosférica teve uma abordagem mais intensa. Em 2017 o foco deste fórum foram os mares em destaque o potencial que os jovens entre 18 e 30 anos tem para criar um impacto ambiental positivo. Em 2019 o tema foi " restauração de ecossistemas degradados e destruídos como uma medida comprovada para combater a crise climática e aumentar a segurança alimentar, o abastecimento de água e a biodiversidade" (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE, 2022).

No Brasil, discussões antecedentes à promulgação da referida Lei passam, mas não se limitam, ao desmatamento, poluição, perda da biodiversidade e descarte irregular de resíduos. O que gerou o arcabouço necessário para a promulgação da referida Lei.

A Lei Federal n. 14.119/2021 pode ser entendida como um programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente evitando e controlando a degradação ambiental como a perda de vegetação e fragmentação de habitats além da conservação da paisagem e de espaços culturais.

Tipifica uma série de elementos criando um entendimento comum sobre aspectos ambientais relevantes para o endereçamento das questões críticas para o meio ambiente e o provimento de serviços ambientais.

Sobre ecossistema a Lei estabelece como sendo o "complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais e de microrganismos e o seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional" (BRASIL, 2021).

Os serviços ecossistêmicos são definidos na Lei:

Serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais (Brasil, 2021).

Define ainda modalidades de serviços ecossistêmicos, sendo de provisão, suporte, regulação e culturais.

Os serviços ecossistêmicos de provisão são "os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros" (BRASIL, 2021).

Os serviços ecossistêmicos de suporte são "os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a

produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético” (BRASIL, 2021).

Serviços de regulação, como o próprio nome estabelece, são os benefícios ecossistêmicos “que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas” (BRASIL, 2021).

E os serviços culturais são definidos na Lei como sendo “os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo, da identidade cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros” (BRASIL, 2021).

A Lei descreve ainda os componentes dos serviços ecossistêmicos, detalhando o que compõe cada um desses conjuntos.

Seguindo as definições, a Lei estabelece serviços ambientais como:

Serviços ambientais: atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos (Brasil, 2021).

Considerando ainda outras definições da Lei relevantes para este trabalho:

Pagamento por serviços ambientais: transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes;

Pagador de serviços ambientais: poder público, organização da sociedade civil ou agente privado, pessoa física ou jurídica, de âmbito nacional ou internacional, que provê o pagamento dos serviços ambientais nos termos do inciso IV deste caput;

Provedor de serviços ambientais: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, ou grupo familiar ou comunitário que, preenchidos os critérios de elegibilidade, mantém, recupera ou melhora as condições ambientais dos ecossistemas (BRASIL, 2021).

### 3.3 ECONOMIA

Há vários entendimentos possíveis para o que é economia, porém pouco se diverge sobre seu relacionamento com o meio ambiente e a complexidade desta relação.

É usual o termo economia no entendimento de redução do consumo de determinado recurso ou ainda “qualidade em ser estrito ou austero no uso de recursos ou valores” (SINGER, 2014), porém, para fins deste trabalho, o termo economia será tratado pela forma com que determinados recursos são obtidos, processados, disponibilizados para consumo e sua disposição final. É ainda uma visão de interação entre os elementos da sociedade.

Por serem diversas as abordagens possíveis de como fazer essa obtenção, processamento, disponibilização e disposição há diversos modelos e políticas econômicas associados.

Os objetivos econômicos variam em função de diversos aspectos, entre eles estão questões locais, temporais e sociais, porém pouco variam no que tange ao crescimento de si mesmo. Aumento do emprego, crescimento do volume transacionado, aumento na geração de valor, tendo, tradicionalmente, pouco ou nenhum objetivo na melhoria da qualidade ambiental e de vida humana coletiva.

O modelo capitalista tradicional é baseado no direito privado aos bens produtivos e na obtenção de lucro. Isso gera também a acumulação de capital e a divisão de classes. Pode ser aplicado em estratégias diversas, porém a predominante é a extrativista. Sua principal característica é a obtenção de recursos naturais até o limite da disponibilidade local e temporal do recurso, o foco e principal critério de decisão é o lucro financeiro e não o bem-estar social tão pouco preservação ambiental.

Opondo-se ao modelo capitalista há o modelo socialista, onde sua principal diferença é o tratamento do direito sobre os bens produtivos. Enquanto naquele os bens podem ser privados, neste os bens pertencem à sociedade, governados, dirigidos e gerenciados pelo governo. Não há diferenças relevantes para fins deste trabalho em relação ao meio ambiente e provimento dos serviços ambientais entre os diferentes modelos econômicos.

### 3.4 CAPITAL NATURAL

O termo Capital Natural é usado para referenciar a quantidade de recursos naturais estão disponíveis para as pessoas. Seu valor numérico considera os benefícios ecossistêmicos e busca representar a precificação de bens e serviços prestados pela natureza.

Quantificar o capital Natural pode ser benéfico por diversas razões, entre elas como ferramenta para alocação de recursos, referência para tomada de decisão pública como, mas não se limitando a, o uso e ocupação de áreas específicas, priorização de investimentos ou definição de políticas públicas de habitação, transporte, produção agrícola e industrial (Natural Capital Coalition, 2021).

“A ‘Economia dos Ecossistemas’ transcenderia o tradicional debate sobre meio ambiente e focaria na premissa de que os ecossistemas e todo o capital natural são ativos produtivos compartilhados por toda a sociedade humana, o que pressupõe a necessidade de gestão eficiente, racional e sustentável deste ‘portfólio’ natural.” (ANDRADE, 2009).

### 3.5 PEGADA ECOLÓGICA

A Pegada Ecológica é uma medida de pressão em recursos naturais gerada pelo estilo de vida e padrão de consumo de populações.

“A pegada ecológica (...) representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade.” (MADURO-ABREU, 2022).

O método de contabilização da pegada ecológica do *World Wide Fund for Nature Brazil* (WWF) (Global Footprint Network, 2021) considera o tamanho de áreas produtivas de solo e de mar necessárias para produção de bens e serviços. Pegadas ecológicas iguais a 1 (hum) significam que precisamos de um planeta Terra para sustentar determinado estilo de vida e consumo, pegadas ecológicas menores significam que há potencial de recuperação ambiental e pegadas ecológicas maiores significam que o padrão de consumo é maior que a capacidade de recuperação ambiental, gerando um desgaste e degradação sistêmica.

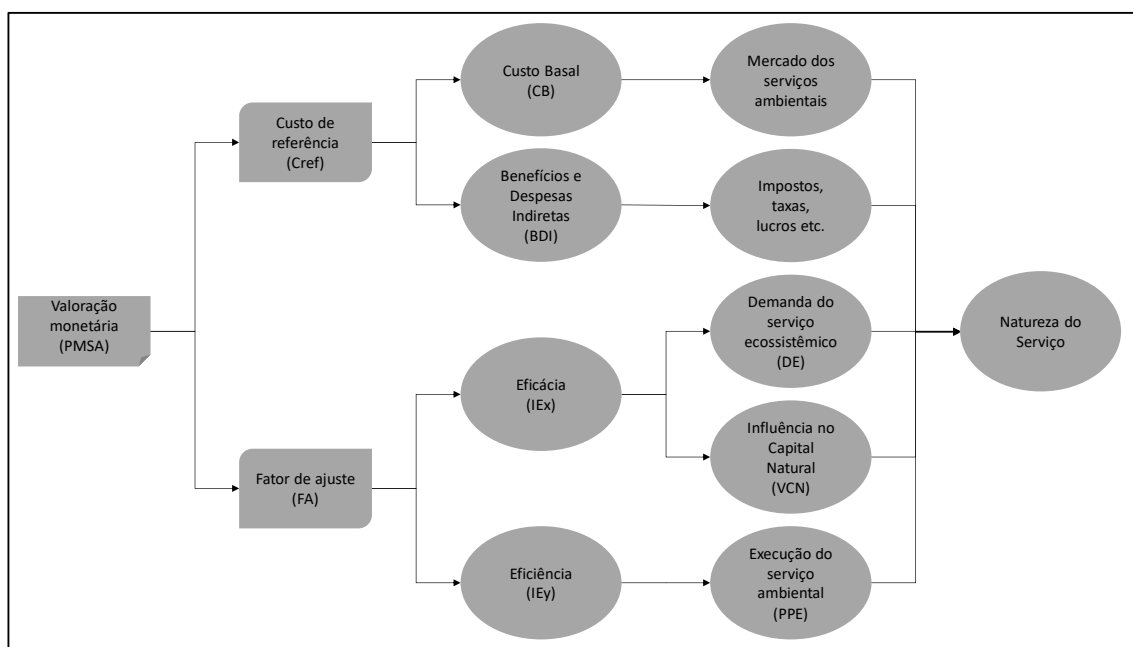
Por contabilizar a quantidade de energia e matéria em um determinado sistema o entendimento de sua medida é adequado para definir se determinado serviço ambiental está sendo executado de forma ambientalmente eficiente ou não.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da metodologia de valoração monetária para o Pagamento Municipal por Serviço Ambiental (PMSA) foi por estudos aplicados, dedutivos, bibliográficos, de abordagem quali-quantitativa, natureza comparativa, de caráter experimental.

A investigação de critérios econômicos, sociais e ambientais para proposição de um método para valoração monetária de pagamento por serviços ambientais, teve como fundamento a Lei Federal n. 14.119/2021 que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (BRASIL, 2021). Entretanto, para a fundamentação conceitual de efetividade do provimento do serviço ambiental foram usados conceitos do *Natural Capital* (*Natural Capital Coalition*, 2021) e do *World Wide Fund for Nature Brazil* (*Global Footprint Network*).

Figura 1 – Aspectos fundamentais considerados no desenvolvimento da metodologia para o PMSA.



Fonte: O autor.

A metodologia para a valoração do PMSA foi desenvolvida a partir de duas variáveis básicas, sendo (1) o custo de referência e (2) o fator de ajuste. O primeiro é levantado a partir de dados tradicionais de mercado, economia, tributos etc., enquanto o segundo é fundamentado nos serviços ecossistêmicos, em função de sua demanda

e do seu impacto no capital natural, sendo ambos os casos, dependentes da natureza do serviço ecossistêmico (Figura 01).

O material bibliográfico para fundamentação do método foram publicações especializadas, livros, periódicos e artigos científicos, os quais analisaram-se os conteúdos sobre os serviços ecossistêmicos, serviços ambientais e suas respectivas valorações, aplicabilidade, restrições, além de outras características relevantes.

Todas as informações foram sistematicamente confrontadas com o material bibliográfico selecionado, traçados paralelos com a bibliografia técnica específica e outras relativas aos temas abordados, sobretudo aquelas descritas e relacionadas à Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais.

Partindo do contexto atual resultante das análises, buscou-se entender a participação do indivíduo como provedor de serviço ambiental, propondo uma metodologia própria a ser aplicada, inicialmente, em nível municipal que seja justa economicamente, igualitária socialmente e benéfica ambientalmente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais acessados e estudados trouxeram um direcionamento para a Lei Federal n. 14.119/2021, associada aos conteúdos conceituais elaborados pela Natural Capital e *World Wide Fund for Nature Brazil* e adaptados ao contexto desta proposta.

Empiricamente percebe-se que os serviços ambientais providos pelo público difuso são executados com relativa baixa eficácia e baixa eficiência. A baixa eficácia é percebida quando, por exemplo, um catador de materiais recicláveis recolhe e destina equivocadamente materiais que não podem ser reciclados, consumindo desta forma recursos de tempo, espaço, energia para transporte sem resultado efetivo. A baixa eficiência, de forma similar, é percebida quando em exemplo similar, o catador perde material no percurso ou no armazenamento inadequado.

Os conceitos das instituições Natural Capital e WWF Brazil estabelecerão racionais para a definição de parâmetros de eficácia e de eficiência, respectivamente.

O método desenvolvido por este trabalho visa incentivar, apoiar e equilibrar a participação do indivíduo não organizado, sem qualificações que o despersonifique enquanto pessoa no provimento de serviços ambientais. Assim o método cria uma referência de valoração de forma a potencializar os objetivos legais, o incentivo do indivíduo no provimento dos serviços ambientais, reforçando melhorias relevantes no provimento destes serviços pelo referido público.

As numerosas relações dos ecossistemas e seus componentes se manifestam direta ou indiretamente; de forma atemporal ou instantaneamente; nos locais onde ocorrem, distantes ou mesmo com influências em outros ecossistemas. Portanto fica insustentável afirmar que um serviço ambiental influencie apenas de forma previsível um conjunto limitado de serviços ecossistêmicos.

A Lei Federal n. 14.119/2021 a que este trabalho se refere não define um método de pagamento por serviço ambiental nem de cálculo para valoração monetária, faculta que as partes envolvidas definam entre si.

Um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes (BRASIL, 2021).

Além de não definir um método de valoração de um serviço ambiental, a Lei não estabelece também a modalidade de pagamento por serviço ambiental, estes devem ser previamente pactuados entre pagadores e provedores.

Art. 3º São modalidades de pagamento por serviços ambientais, entre outras:

I - pagamento direto, monetário ou não monetário;

II - prestação de melhorias sociais a comunidades rurais e urbanas;

III - compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação;

IV - títulos verdes (green bonds);

V - comodato;

VI - Cota de Reserva Ambiental (CRA), instituída pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

§ 1º Outras modalidades de pagamento por serviços ambientais poderão ser estabelecidas por atos normativos do órgão gestor da PNPSA.

§ 2º As modalidades de pagamento deverão ser previamente pactuadas entre pagadores e provedores de serviços ambientais. (BRASIL, 2021).

Algumas considerações sobre as definições da Lei são relevantes, pois podem gerar entendimentos diversos sobre a aplicação do método a ser proposto.

Sobre a definição de ecossistema a palavra “dinâmico” na definição da Lei pode trazer a possibilidade de entendimentos amplos, atemporais e não localizados, o que é muito relevante para assuntos relacionados a meio ambiente, da mesma forma o termo “comunidades”. Na forma com que está inserida na Lei é possível o entendimento que as comunidades também fazem parte do meio ambiente por interagirem ativa e reativamente com os demais elementos. Essas considerações são avanços de uma discussão relativamente madura sobre o assunto.

Sobre serviços ecossistêmicos o entendimento dos autores deste trabalho para a definição “para a sociedade” traz uma fragilidade na Lei, pois as sociedades são dinâmicas, locais e temporais, o que deixa a definição sobre o que é relevante, e em alguma medida, relativa a quem os julga. Apesar das diversas interpretações possíveis, entenderemos neste trabalho que o termo relevante será estabelecido pelo demandante de um determinado serviço ambiental.

Não há diferenças significativas entre os modelos econômicos apresentados no que tange aspectos ambientais entre as abordagens, porém o entendimento genérico é relevante para os objetivos deste trabalho, pois a degradação ambiental pode resultar na qualidade de vida de uma sociedade, gerando perdas materiais, culturais, sociais, bem-estar, financeiras e econômicas entre outras tantas.

Abordar economia neste trabalho é relevante pois recursos financeiros são ferramentas importantes para se influenciar movimentos econômicos. A valoração monetária de um serviço ambiental pode estimular ou desestimular cadeias econômicas específicas.

A Lei objetiva, entre outros, “reconhecer as iniciativas individuais (...) que favoreçam a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos (...)” (Brasil, 2021), portanto o método deverá contemplar condições econômicas que incentivem esta cadeia de forma incremental, e não disruptiva, para isto, partir-se-á de referências monetárias de mercado ou afins a elas.

Os serviços ambientais serão calibrados – sobre ou sub valorados – em função de aspectos de eficácia e de eficiência, sendo que os que tiverem maiores relações de eficácia e de eficiência deverão ser monetariamente mais bem valorados em relação à referência inicial do que os que tiverem esta relação menos favorável.

Neste trabalho será usado como referência de eficácia e o objetivo de considerar o Capital Natural não é precificar um determinado serviço ambiental, mas sim entender se a execução do serviço ambiental gera valor de fato ao ecossistema que ele está sendo executado.

Este método será usado neste trabalho não para o cálculo efetivo da pegada ecológica, mas sim para que se tenha uma referência de como um determinado serviço ambiental está sendo provido em termos de eficiência. O relevante para o escopo deste trabalho é a compreensão de se os insumos, os processos, os produtos e subprodutos do serviço ambiental geram pegadas positivas, neutras ou negativas, independentemente do valor exato da Pegada Ecológica conforme o referido método de cálculo.

A percepção de haver pouco estímulo para o desenvolvimento de mecanismos de apoio e desenvolvimento de serviços ambientais providos por indivíduos é economicamente constatada pelas relativas poucas iniciativas que objetivam gerar benefício ambiental com justiça social. Não é escopo deste trabalho fazer críticas aos modelos existentes, porém relativamente poucas proposições para benefício ambiental foram estruturadas que consideram concomitantemente o equilíbrio econômico e social. Este é o principal motivo de haver necessidade de algum envolvimento do poder público para equilibrar esses benefícios.

Serviços ambientais, quando estruturados com o olhar prioritariamente econômico, podem gerar impactos junto aos serviços ecossistêmicos sobre vários aspectos, o que representa uma baixa eficácia no benefício ao serviço ecossistêmico.

Esses impactos podem ser na provisão de alimentos à longo prazo, disponibilidade de água para os diversos fins, ciclagem de nutrientes, manutenção de solo, fertilidade, controle de animais sinantrópicos, além de prejuízos imateriais, como nos serviços ecossistêmicos culturais - paisagens, espaços para convivência, espiritualidade e esportes.

Quando os serviços ambientais, mesmo que concebidos social e ambientalmente de forma adequada, forem executados sem a preocupação na escolha dos insumos, no estabelecimento de processos e na destinação dos produtos e subprodutos a eficiência do provimento do serviço ambiental é desfavorecida, representando menor eficiência no benefício ecossistêmico.

Portanto, o demandante, conhecedor legítimo da necessidade ecossistêmica em questão, deve especificar o serviço ambiental como um todo. Os insumos utilizados, os processos, os produtos e subprodutos envolvidos bem como suas origens e destinações.

Assim, espera-se que, além de benefícios ecossistêmicos efetivos, atinja-se a possibilidade da definição dos serviços ambientais também mais efetivos e se estabeleça um valor monetário mais justo socialmente, atingindo índices maiores de eficácia e de eficiência.

## 5.1 PROPOSIÇÃO

Entre as diversas possibilidades este trabalho proporá, de forma não exaustiva, um método de valoração monetária de Serviços Ambientais para pagamento ao cidadão pelo provimento de tal baseado em dois principais elementos: o que se estabeleceu historicamente viável e atrativo no âmbito econômico e um fator de ajuste que o calibre este valor para fins de justiça além da econômica, mas também a social e ambiental.

O elemento econômico trata de um custo de referência. Este pode ser calculado através de critérios discricionários do demandante, feitas pesquisas de mercado, concorrência ou ainda estimativas de custos tendo em vista o escopo do serviço ambiental e as relações com os respectivos componentes dos serviços ecossistêmicos.

O fator de ajuste considerará aspectos de eficácia e de eficiência.

A eficácia relacionar-se-á com a identificação da demanda efetiva pelo serviço ecossistêmico e cada um de seus respectivos componentes e com o resultado do

serviço ambiental em termos de aumentar o capital natural, manter o capital natural ou reduzir o capital natural.

A eficiência relaciona-se com a forma com que o serviço ambiental é executado no que se refere ao consumo de recursos, processos, produtos e subprodutos gerados.

### 5.1.1 SISTEMA DE VALORAÇÃO PARA PAGAMENTO MUNICIPAL POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (SisPASA)

Na metodologia do SisPASA, o Pagamento Municipal por Serviço Ambiental (PMSA) é calculado pelo produto entre um Custo de Referência ( $C_{ref}$ ) e um Fator de Ajuste (FA), conforme Equação 01.

$$PMSA = C_{ref} \cdot FA \quad \text{Equação 01}$$

O custo de referência ( $C_{ref}$ ) depende do escopo e da especificação detalhada do serviço ambiental e de dados disponíveis.

A especificação deve conter o maior número de informações relevantes possível, incluindo aspectos ecossistêmicos, insumos, processos, produtos e subprodutos do serviço ambiental. Durante esta especificação, o demandante deve identificar os componentes dos serviços ecossistêmicos que farão parte do escopo do serviço ambiental especificados na referida Lei 14.119/2021, relevantes para as etapas seguintes para o preenchimento completo da Tabela Cálculo do Fator de Ajuste, Anexo A, representada parcialmente na Tabela 1 com as respectivas colunas de interesse.

Desta forma o demandante é capaz de definir um Custo Basal (CB) que será dado pelo método situacionalmente mais adequado como valores históricos, licitações, pesquisas de mercado, cálculo de custo envolvendo horas trabalhadas, ferramentas, insumos, entre outros. Aspectos legais devem ser observados no estabelecimento do custo basal, caso a entidade solicitante seja regida por Leis específicas.

Tabela 1 - Escopo dos Serviços Ecosistêmicos influenciados pelo Serviço Ambiental.

Natureza do serviço	Componentes	É escopo? (sim/não)
Provisão	Água Alimentos Madeira Fibras Extratos Outros	
Suporte	Ciclagem de nutrientes Decomposição de resíduos Produção de solo Manutenção do solo Renovação do solo Fertilidade do solo Polinização Dispersão de sementes Controle de populações de potenciais pragas Controle de vetores potenciais doenças humanas Proteção contra radiação solar ultravioleta Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético	
Regulação	Sequestro de carbono Purificação do ar Moderação de eventos climáticos extremos Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico Minimização de enchentes e secas Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas	
Culturais	Recreação Turismo Identidade cultural Experiências espirituais Estéticas(paisagens) Desenvolvimento intelectual	

Fonte: O autor.

Ainda para o estabelecimento do custo de referência e para fins de justiça econômica e social deve-se retirar do custo basal eventuais Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) que estejam incorporados no custo basal, “elemento orçamentário que se adiciona ao custo de uma obra ou serviço para a obtenção de seu preço de venda” (CARDOSO, 2018, p. 04).

A retirada dos benefícios e despesas indiretas é relevante nesta proposta para que o cálculo do valor monetário a ser pago viabilize a prestação do serviço pelo público difuso, o indivíduo. Nos benefícios e despesas indiretas incidem valores como impostos, taxas administrativas, lucros e demais custos não relacionados à atividade-fim. Mantê-los no cálculo poderia gerar um valor monetário para que empresas e demais organizações também sejam estimuladas a participar dos chamamentos para provimento do Serviço Ambiental, o que além de gerar uma concorrência desleal, não

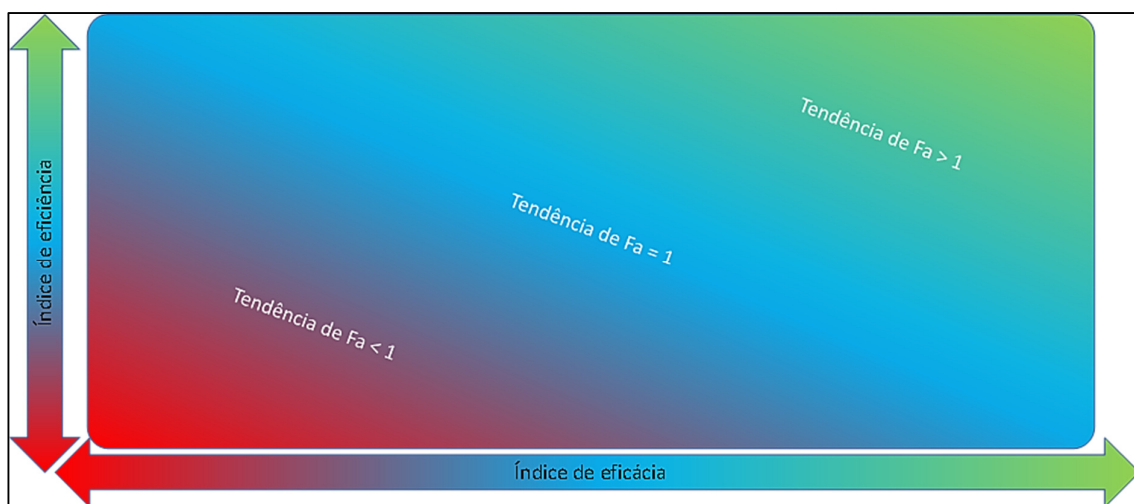
atenderia à proposição deste trabalho, da Lei e, potencialmente, das necessidades ambientais e sociais. Os BDI devem ser representados em porcentagem e são definidos caso a caso, pois podem variar em função das especificidades locais, sazonais, mercadológicas e demais aspectos situacionais. Assim, o  $C_{ref}$  pode ser determinado pela Equação 02.

$$C_{ref} = CB \cdot (1 - BDI) \quad \text{Equação 02}$$

O Fator de Ajuste (FA) é o elemento que fará a ponderação no custo de referência através de índices de eficácia e de eficiência. A eficácia diz respeito aos aspectos relacionados ao contexto e ao atingimento dos objetivos da determinada ação. A eficiência, por sua vez, aos aspectos ligados à forma de se realizar determinada ação, contemplando aspectos processuais e da relação de quanto determinado resultado consome de recursos (ALMEIDA; ALMEIDA, 2014, p. 04 e 05).

Essa combinação deve estabelecer um fator que reduza custos de referência de serviços ambientais com relações de eficácia e de eficiência desfavoráveis; que não altere significativamente valores de referência de serviços ambientais com baixas influências e; aumente valores monetários de custos de referência de serviços ambientais com relações favoráveis de eficácia e eficiência (Figura 02).

Figura 2 - Tendência do Fator de Ajuste em função da relação Eficácia x Eficiência.



Fonte: O autor.

Para o fator de ajuste foram estabelecidos valores que variam de 0,8 a 1,2 em função da combinação cartesiana dos índices de eficácia e de eficiência, podendo ajustar o valor do PMSA em 20% para mais ou para menos, em relação ao custo de

referência. Seu racional é que valores menores do que 1 (um) sejam aplicados para que se estimule o desenvolvimento dos métodos, das ferramentas, dos produtos ou dos subprodutos do serviço ambiental por apresentarem relações desfavoráveis nos índices de eficácia e eficiência. Os serviços ambientais que apresentarem relativa neutralidade entre os índices de eficácia e eficiência tenham valores mais próximos a 1 (um) para o fator de ajuste. Os serviços ambientais que proverem benefícios aos serviços ecossistêmicos com relação entre eficácia e eficiência positiva em seus índices devem ter seus fatores de ajuste maiores que 1 (um).

O índice de eficácia é determinado pela combinação entre demanda por um determinado serviço ecossistêmico e o quanto aquele serviço ecossistêmico impacta na percepção de valor daquela localidade antes e após o provimento do serviço ambiental.

A demanda pelo serviço ecossistêmico é quantificada pela entidade demandante nos componentes dos serviços ecossistêmicos relacionados na especificação do serviço ambiental durante o entendimento do escopo do serviço ambiental (Tabela 1).

A Demanda Ecosistêmica (DE) é percebida em uma escala adequada aos objetivos deste trabalho, sendo de muito baixa, baixa, moderada, alta ou muito alta conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Demanda Ecosistêmica (DE).

<b>Demanda pelo Serviço Ecosistêmico</b>	<b>Valores de DE</b>
Muito alta	1,0
Alta	0,8
Moderada	0,6
Baixa	0,4
Muito baixa	0,2

Fonte: O autor.

A percepção de valor é quantificada pela variação do Valor do Capital Natural (VCN) também em uma escala adequada aos objetivos deste trabalho. As referências para definição desta percepção são feitas através das diretrizes do Natural Capital Protocol (NATURAL CAPITAL COALITION, 2021). O intuito não é medir o valor do Capital Natural em si, mas sim entender se determinado serviço ambiental contribui positiva ou negativamente para este valor ou ainda se é neutro.

As diretrizes do Natural Capital Protocol (NATURAL CAPITAL COALITION, 2016) orientam que o processo para mensuração do Capital Natural seja feito pela identificação dos motivos que levam a determinado estudo. Neste trabalho, os motivos são a identificação da necessidade de recuperação, manutenção e/ou reforço de um Serviço Ecossistêmico para provimento de um Serviço Ambiental.

O Protocolo solicita uma reflexão sobre os objetivos. Neste sentido, é importante ressaltar as diferenças entre os motivadores e objetivos, os objetivos devem orientar ações para a situação futura, enquanto os motivadores identificam as causas passadas.

Assim são estabelecidos o escopo dos trabalhos e quais componentes devem ser analisados no provimento do Serviço Ambiental. Com o escopo definido, identificam-se as dependências entre eles no referido contexto, se possível no ecossistema que este contexto está inserido, os impactos e demais influências.

Portanto, conforme o Protocolo orienta, faz-se a mensuração e estimativas do Capital Natural, para este trabalho, enquanto eficácia, é adequado que se considere se a influência do provimento do serviço ambiental influência positiva, neutra ou negativamente o mesmo, valorando-os numericamente conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Variação do Capital Natural (VCN).

<b>Variação do Capital Natural</b>	<b>Valores de VCN</b>
Negativa	-1,0
Neutra	0,0
Positiva	+1,0

Fonte: O autor.

Para o cálculo do Índice de Eficácia (IEx), nos componentes dos serviços ecossistêmicos identificados como escopo do serviço ambiental em questão, registram-se nas colunas respectivas da Tabela Anexo A representada parcialmente na Tabela 4 os respectivos valores, conforme indicado anteriormente nas Tabelas 2 e 3 para a Demanda Ecossistêmica (DE) e para Variação do Capital Natural (VCN), respectivamente.

Tabela 4 - Cálculo do Índice de Eficácia (IEx).

Natureza do serviço	Componentes	DE	VCN	Soma
		0;0,2;0,4;0,6;0,8;1,0	+1;0;-1	DE+VCN
Provisão	Água			
	Alimentos			
	Madeira			
	Fibras			
	Extratos			
	Outros			
Suporte	Ciclagem de nutrientes			
	Decomposição de resíduos			
	Produção de solo			
	Manutenção do solo			
	Renovação do solo			
	Fertilidade do solo			
	Polinização			
	Dispersão de sementes			
	Controle de populações de potenciais pragas			
	Controle de vetores potenciais doenças humanas			
	Proteção contra radiação solar ultravioleta			
	Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético			
		Sequestro de carbono		
Regulação	Purificação do ar			
	Moderação de eventos climáticos extremos			
	Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico			
	Minimização de enchentes e secas			
	Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas			
		Recreação		
Culturais	Turismo			
	Identidade cultural			
	Experiências espirituais			
	Estéticas(paisagens)			
	Desenvolvimento Intelectual			
<b>Média aritmética (MEx)</b>				

Fonte: O autor.

Somam-se, componente a componente, os DEs e VCNs, estabelecendo assim o Índice de Valoração Ambiental (IVA) de cada componente. A média aritmética dos IVAs definirá o Fator de Eficácia (MEx). O Índice de Eficácia (IEx) será obtido pela aplicação da correlação mostrada na Tabela 5.

Tabela 5 - Índice de eficácia (IEx).

<b>Média aritmética dos IVA - MEx</b>	<b>Valores de IEx</b>
-1,0 >= MEx > -0,5	D - Deprecia
-0,5 >= MEx > -0,0	LD - Leve depreciação
0,0 >= MEx > +0,5	NA - Não altera
+0,5 >= MEx > +1,0	LV - Leve valorização
+1, 0 >= MEx > +2,0	V - Valoriza

Fonte: O autor.

A eficiência é estimada com diretrizes da WWF Brazil (2003) que sugere uma percepção de consumo de planeta de acordo com determinado padrão de consumo de recursos.

Sua medida é feita em Pegadas Ecológicas, maiores Pegadas Ecológicas impactam negativamente, criando condições menos favoráveis à manutenção, recuperação ou fortalecimento dos serviços ecossistêmicos, enquanto pegadas menores podem favorecer as condições de manutenção, recuperação ou fortalecimento dos serviços ecossistêmicos.

O número que qualificará e quantificará o índice de eficiência é estabelecido racionalmente, definido para o cálculo da Pegada Ecológica no escopo deste trabalho.

Da mesma forma que o Capital Natural, a proposta não é medir a Pegada Ecológica em si, mas sim ter uma perspectiva tecnicamente baseada sobre o impacto ou favorecimento à recuperação do serviço ecossistêmico através da ação antrópica e entender o quão eficiente determinado serviço ambiental é.

A medida de Pegada Ecológica deverá considerar diversos aspectos como mudanças no solo e nos mares, incluindo fragmentação de habitats, exploração de recursos ambientais, mudanças climáticas geradas pelas ações antrópicas, poluição e inserção de espécies exóticas em habitats é, portanto, uma referência adequada para a medida de eficiência do provimento do serviço ambiental.

Para a determinação do Índice de Eficiência (IEy) (Tabela 6), deve ser preenchido em cada componente do escopo do serviço ambiental definido na Tabela do Anexo A nas colunas específicas em relação aos insumos, processos, produtos e subprodutos, de acordo com a percepção que o serviço proporcionará ao ecossistema em termos de Pegada Ecológica.

Tabela 6 - Índice de Eficiência

Natureza do serviço	Componentes	Insumos	Processos	Produtos e resíduos	Soma
Provisão	Água Alimentos Madeira Fibras Extratos Outros				
Suporte	Ciclagem de nutrientes Decomposição de resíduos Produção de solo Manutenção do solo Renovação do solo Fertilidade do solo Polinização Dispersão de sementes Controle de populações de potenciais pragas Controle de vetores potenciais doenças humanas Proteção contra radiação solar ultravioleta Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético				
Regulação	Sequestro de carbono Purificação do ar Moderação de eventos climáticos extremos Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico Minimização de enchentes e secas Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas				
Culturais	Recreação Turismo Identidade cultural Experiências espirituais Estéticas (paisagens) Desenvolvimento intelectual				
<b>Média aritmética (MEy)</b>					

Fonte: O autor.

A Pontuação da Pegada Ecológica (PPE) deve ser dada obedecendo a correlação apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Pontuação da Pegada Ecológica (PPE).

Percepção da Pegada Ecológica	Valores de PPE
Negativo	-1,0
Neutro	0,0
Positivo	+1,0

Fonte: O autor.

A soma dos PPEs em cada componente deve ser registrada na respectiva coluna. O Fator de Eficiência (MEy) será obtido pela média aritmética da soma dos PPEs, componente a componente. A definição do Índice de Eficiência será dada aplicando-se a correlação apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Índice de eficiência (IEy).

Média aritmética dos PPEs - MEy	Valores de IEy
-3,0 >= MEy > -1,5	D - deprecia
-1,5 >= MEy > -0,0	LD - leve depreciação
0,0 >= MEy > +1,0	NA - não altera
+1,0 >= MEy > +2,0	LV - leve valorização
+2, 0 >= MEy > +3,0	V - valoriza

Fonte: O autor.

Fazendo-se a relação entre os IEx e IEy (Tabelas 5 e 8) respectivamente, obtêm-se o valor do fator de ajuste para determinada situação conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Valores do Fator de Ajuste (FA).

IEy	IEx				
	D	LD	NA	LV	V
V	1,00	0,95	1,05	1,15	1,20
LV	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15
NA	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
LD	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05
D	0,80	0,85	0,90	1,00	1,00

Fonte: O autor.

Tendo-se todas as variáveis da Equação 01, faz-se o cálculo monetário do valor a ser pago pelo município pela prestação de um serviço ambiental.

O escopo do serviço ambiental, as influências nos serviços ecossistêmicos e seus componentes, as avaliações de demanda, estimativas da variação de Capital

Natural e pontuação da Pegada Ecológica, devem ser identificados, qualificados e quantificados por métodos técnicos ambientais específicos em função de cada particularidade, não objetos deste trabalho.

Apesar de o método sugerir um valor monetário para pagamento municipal por serviço ambiental, a depender da forma de chamamento público, condições mercadológicas, novas práticas e tecnologias, entre outros fatores, o valor viável e efetivamente pago ao provedor do Serviço Ambiental, pode variar em relação ao proposto.

O método proposto neste trabalho não é exaustivo, podendo ser sofisticado e refinado com novas informações, bem como outros métodos podem ser válidos e adequados dadas características de outras propostas.

Os números de referência do Fator de Ajuste, bem como das parcelas que o forma, IEx, IEy e de seus componentes foram estabelecidos arbitrariamente em função das simulações feitas. Podem ser ajustados e revistos de acordo com as características intrínsecas de cada situação.

O estabelecimento do método de chamamento público e o de pagamento não fazem parte do escopo deste trabalho.

O uso do método pode ser aplicado para comparação entre propostas diferentes ou também para definição de custo de menor atenção socioambiental.

É possível que, eventualmente, o valor menor em uma concorrência similar não representa o melhor resultado ambiental e social. Custos maiores podem ser entendidos como custo de não preocupação social e ambiental.

## 6 CONCLUSÃO

O método possibilita a determinação do valor monetário para Pagamento Municipal por Serviço Ambiental, fundamentado na Lei n. 14.119/2021, no que tange ao estímulo da participação do indivíduo e da comunidade no provimento de Serviços Ambientais. O método contempla as diferentes naturezas dos serviços ambientais, permitindo ser aplicado a remuneração de diferentes projetos ou programas ambientais nos municípios.

Por um lado, o provimento de serviço ambiental já era realizado mesmo antes da Lei n. 14.119/2021, porém não tipificado, nem tratado como tal. Quando entendido desta forma, coloca o provedor do serviço ambiental em uma posição vulnerável na cadeia econômica, remunerando-o com regras mercadológicas e que historicamente mostraram-se não adequadas à preservação e recuperação ambiental. O provedor o faz como alternativa à geração ou complemento de renda. A tipificação estabelecida na referida Lei favorece o equilíbrio ambiental e o estímulo do provimento ambiental tanto para os objetivos existentes, como adicionalmente para os objetivos previstos nela.

Por outro lado, o método proposto mantém o equilíbrio econômico ora estabelecido em termos de movimentação monetária, porém direciona o capital a cadeias provedoras mais eficientes e eficazes na preservação e recuperação ambiental.

A execução do método pode ser feita através do desenvolvimento de um algoritmo matemático auxiliado por computação, um aplicativo que consuma base de dados específicas e aceite a inserção de dados caso a caso.

Dessa forma, pretende-se que essa metodologia estabeleça um passo para a conservação e recuperação dos serviços ecossistêmicos, em favor do desenvolvimento humano sustentável.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marinho I. R.; ALMEIDA, Francisco R. **Planejamento Estratégico / Uma ferramenta para auxiliar a elaboração do Plano de Metas / Plano de Desenvolvimento Acadêmico**. Disponível em: <<http://prp.usp.br/wp-content/uploads/sites/17/2014/02/conceitosUSP.pdf>>. Acesso em 14 fev. 2023.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma Economia dos Ecossistemas. **ResearchGate**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228460289\\_Capital\\_natural\\_servicos\\_ecossisticos\\_e\\_sistema\\_economico\\_rumo\\_a\\_uma\\_Economia\\_dos\\_Ecossistemas](https://www.researchgate.net/publication/228460289_Capital_natural_servicos_ecossisticos_e_sistema_economico_rumo_a_uma_Economia_dos_Ecossistemas)>. Acesso em: 16 mai. 2021.

BRAGA, Natalia Lopes; LIMA, Deyseane Maria Araújo; MACIEL, Regina Heloisa. **“Não Tinha Trabalho, mas Tinha Reciclagem”**: Sentidos do Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis. Temas em Psicologia, vol. 23, núm. 4, dezembro, pp. 1051-1059, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513751493019>>. Acesso em 13 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis números 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm)>. Acesso em 07 mar 2021.

CARDOSO, Caio Savari, **Benefícios e Despesas Indiretas**. Disponível em: <[http://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro\\_antiga/eventos-1/seminario-de-consolidacao-do-sicro-2018/ConsolidacaodoSICRO2018-BDI.pdf](http://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro_antiga/eventos-1/seminario-de-consolidacao-do-sicro-2018/ConsolidacaodoSICRO2018-BDI.pdf)>. Acesso em 20 jul. 2022.

DIAS, Ana Luiza Almeida. **Mercado mundial dos créditos de carbono: histórico e estado da arte. 2016**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171465>>. Acesso em 07 jul. 2022.

FERNANDÓPOLIS. **Lei nº 5.257 de 06 de abril de 2022**. Dispões sobre a criação de diretrizes do Programa de Biodiversidade de Fernandópolis, Pró-Bio Fernandópolis, e o Programam Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais, PMPSA. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/f/fernandopolis/lei-ordinaria/2022/526/5257/lei-ordinaria-n-5257-2022>>. Acesso em 26/08/2023 às 17h33.

FERRARI, Flávia Jeane; LIMA, Gessuelytom Mendes de. **Crimes ambientais: sanções punitivas aplicadas à luz da legislação brasileira**. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/63242/crimes-ambientais-sancoes-punitivas-aplicadas-a-luz-da-legislacao-brasileira>>. Acesso em 13 fev.2023.

Global Footprint Network. **Pegada Ecológica**. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org/>>. Acesso em 23 abr. 2021.

Governo do Estado de São Paulo. **Programa Nascentes**. Disponível em: <<http://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/programanascentes/>>. Acesso em 07 fev. 2023.

ISEB3. **Índice de Sustentabilidade Empresarial**. Disponível em: <<http://iseb3.com.br/o-que-e-o-ise>>. Acessado em 05 jul. 2022.

MADURO-ABREU, A.; NASCIMENTO, D. T.; MACHADO, L. O. R.; COSTA, H. A. Os limites da Pegada Ecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 19, p. 73-87, jan./jun. 2009. Editora UFPR. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/viewFile/12847/10886>>. Acesso em: 04 jul de 2022.

Natural Capital Coalition. **Natural Capital Protocol**. Disponível em: <[www.naturalcapitalcoalition.org/protocol](http://www.naturalcapitalcoalition.org/protocol) >. Acesso em 27 mai. 2021.

OLIVEIRA, E. D. Economia verde, economia ecológica e economia ambiental: uma revisão. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 13, n. 6, 2017. DOI: 10.22292/mas.v13i6.751. Disponível em: <<http://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/articloe/view/751>>. Acesso em: 14 fev. 2023.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Marcos Ambientais: Linha do Tempo dos 75 anos a ONU**. Disponível em <<https://www.unep.org/pt-br/news-and-stories/story/environmental-moments-un75-timeline>>. Acessado em 06/06/2022.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Prêmio de boas práticas ambientais**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/5049-vpremiodeboaspraticasambientaiseducacao2021>>. Acesso em 07 fev. 2023.

SINGER, Paul. **O que é economia**. 7. ed.2 reimpressão São Paulo: São Paulo, 2014.

TÁVORA, Gabriel Spínola Garcia; SILVA, Antônio Soares da; TURETTA, Ana Paula Dias. **Análise da política por pagamento por serviços ambientais como instrumento para sustentabilidade Socioambiental**, 2018. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/739e/c92ffc3f6367cac293f3b887cf1d90543caf.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2023.

ZAPATA, Gisela P.; GUEDES, Gilvan. **Refúgio e modalidades de deslocamentos populacionais no século XXI: tendências, conflitos e políticas**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/rbepop/a/9Q5CCnkQjnjfhw3h5yKVGzR/?lang=pt>>. Acesso em 13 fev. 2023.

## APÊNDICE A – Simulação de aplicação

### CONTEXTUALIZAÇÃO

Ninópolis é uma cidade fictícia localizada no noroeste do estado de São Paulo. Tem um clima tropical semiúmido, caracterizado por um inverno seco e um verão chuvoso. Os extremos térmicos variam de 4,2 °C em um dia frio a 36,2 °C em um dia quente. O registro de precipitação máxima em 24 horas alcançou 107,2 mm.

A vegetação da região é rica e diversificada, com influências da Mata Atlântica, encraves de cerrado com estepe e zonas de tensão ecológica. Isso significa que em Ninópolis, é possível encontrar áreas de transição entre diferentes tipos de vegetação, como cerrado e floresta estacional semidecidual, onde a porcentagem de árvores decíduas varia entre 25% e 50%.

No alto de um morro, próximo a uma nascente de água superficial, encontra-se uma praça que se destaca por preservar características de vegetação nativa, com pequenas modificações feitas pelos moradores locais. A água desta nascente segue a jusante para um córrego que é vital para a irrigação de pequenas plantações comunitárias e para a dessedentação animal de pequeno e grande porte. A água que penetra no solo da praça chega no lençol freático que passa pela região e é importante também para outros ecossistemas distantes.

Este terreno, com uma área aproximada de 30.000 m<sup>2</sup>, é utilizado de maneira bastante versátil pela comunidade. Além das pequenas hortas comunitárias, que fornecem alimentos, o local é um espaço para passeios e socialização. Não obstante a ausência de um plano de paisagismo formal, a praça ostenta uma beleza natural, baseada em suas plantas nativas e exóticas. Bancos improvisados com troncos de árvores proporcionam lugares para descansar, e uma churrasqueira comunitária é usada para eventos e celebrações. Há até um campo de terra batida, com traves de futebol feitas de bambus e demarcações para jogos de vôlei improvisados. Ocasionalmente, grupos de adolescentes se reúnem na praça e fazem uso de álcool e outras drogas, mas isso não costuma perturbar a vizinhança.

No entanto, a falta de manutenção adequada e recorrente torna o ambiente habitat de animais peçonhentos, como aranhas e escorpiões, além de mosquitos e outros vetores de doenças como carrapatos e alguns animais sinantrópicos. Há custos evitáveis de saúde pública com incidentes com esses animais.

Há um plano diretor municipal que prevê a revitalização e urbanização do terreno, convertendo-o em uma praça, com o objetivo de melhorar as condições de ocupação e uso do solo.

Cerca de 20% da área total da praça será destinada à construção de quiosques feitos de alvenaria, que abrigarão comércio de alimentos, artesanatos e instalações sanitárias. Bebedores de água potável para pessoas e animais de estimação também serão disponibilizados.

Além disso, aproximadamente 50% do espaço total, localizado no lado leste do terreno, há uma área de mata nativa preservada e não será de acesso público. Outras áreas, especialmente nas regiões central e de contorno da praça que abrigam árvores nativas preservadas, serão convertidas em espaços para caminhada e ciclovias.

Os espaços onde há vegetação exótica ou não primária serão usadas para fins de convivência e educação ambiental.

O prefeito fez um chamamento público para execução de parte do Plano para o terreno, a roçagem de 15.000 m<sup>2</sup> do terreno. Embora o prefeito não tenha especificado no chamamento os detalhes dos insumos e processos de revitalização, esses aspectos deverão ser explícitos nas propostas e serão submetidas a auditorias. Para preservar a usabilidade desejada pelos moradores, a horta comunitária continuará existindo no lado oeste da praça, onde a irrigação do córrego é essencial. Além disso, os subprodutos do serviço ambiental serão reaproveitados para cobrir o solo de preservação da praça, prevenindo erosões e a necessidade de deslocar resíduos. Cuidados adicionais serão observados para evitar incêndios.

Entre os finalistas estão duas propostas que divergem essencialmente em suas propostas os insumos, o método e o valores, descritos a seguir.

A proposta "A" foi feita por dois municípios em conjunto que consiste em utilizar roçadeiras a combustão para fazer a roçagem em um prazo estimado de 12 dias.

A proposta "B" foi feita por cinco municípios que frequentam o terreno para praticar esporte e consistem em usar roçadeiras manuais com um prazo estimado de 29 dias para concluir o serviço.

## APLICAÇÃO DO MÉTODO

O serviço a ser realizado é a roçagem de 15.000m<sup>2</sup> de vegetação rasteira.

O valor de referência para serviços similares feitos por empresas da região é R\$ 0,37 / m<sup>2</sup>, ou seja, o custo basal, CB de R\$ 15.000 \* 0,37 = R\$ 5.550,00.

O valor de BDI é estimado em 33%. Aplicando-se a equação 2:

$$C_{ref} = CB * (1-BDI), C_{ref} = 5.550,00 * (1-0,33), \text{ logo o } C_{ref} = R\$ 3.718,50$$

O levantamento do escopo foi feito e inserido na Tabela A1.

Tabela A1 - Escopo dos Serviços Ecosistêmicos influenciados pelo Serviço Ambiental simulado

Natureza do serviço	Componentes	É escopo? (sim/não)
Provisão	Água	Sim
	Alimentos	Sim
	Madeira	Não
	Fibras	Não
	Extratos	Não
	Outros	Não
Suporte	Ciclagem de nutrientes	Sim
	Decomposição de resíduos	Sim
	Produção de solo	Não
	Manutenção do solo	Sim
	Renovação do solo	Sim
	Fertilidade do solo	Sim
	Polinização	Sim
	Dispersão de sementes	Sim
	Controle de populações de potenciais pragas	Sim
	Controle de vetores potenciais doenças humanas	Sim
	Proteção contra radiação solar ultravioleta	Não
	Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético	Não
Regulação	Sequestro de carbono	Sim
	Purificação do ar	Sim
	Moderação de eventos climáticos extremos	Não
	Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico	Não
	Minimização de enchentes e secas	Sim
	Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas	Sim
Culturais	Recreação	Sim
	Turismo	Não
	Identidade cultural	Sim
	Experiências espirituais	Não
	Estéticas(paisagens)	Sim
	Desenvolvimento intelectual	Não

Fonte: O autor.

Seriam possíveis as considerações para o preenchimento da tabela anterior.

Sobre os serviços de provisão. A água é escopo porque a água pluvial que penetra no solo da área alimentar um lençol freático além do escoamento superficial alimentar o corpo hídrico superficial que abastece para fins diversos a população. Alimentos é escopo, pois há uma horta pública no local que fornece hortaliças à

comunidade local. Madeira, fibras, extratos e outros não são escopo por não haver relevância social e econômica quanto o provimento ou a possibilidade de provimento desses itens pela respectiva área.

Sobre os serviços de suporte. Ciclagem de nutrientes é relevante pois na área há proporcionalmente bastante material orgânico que pode ser disponibilizado para adubo e proteção do solo, cuidando-se para evitar riscos de incêndios e criação de habitat para animais indesejados. A decomposição de resíduos é escopo por ser de igual relevância e utilidade, dados os mesmos cuidados. Manutenção do solo é escopo do serviço ambiental de cuidar de erosão pela perda de solo por carreamento ou ainda esgotamento. Renovação e fertilidade do solo é escopo pelos mesmos processos de ciclagem e decomposição de nutrientes. A polinização e a dispersão de sementes são escopo do serviço ambiental em manter quantidade, qualidade e condições para a biodiversidade adequadas para este fim. O controle de população de potenciais pragas e Controle de vetores potenciais doenças humanas são escopo do serviço ambiental em remover habitat de animais sinantrópicos nos espaços de interação com as pessoas. Produção de solo, proteção contra radiação solar ultravioleta e manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético não são escopo por não sofrerem influências relevantes do dado serviço ambiental, tão pouco pela área não contribuir significativamente para serviço ecossistêmico.

Sobre os serviços de regulação. Sequestro de carbono e purificação do ar são escopo pela área representar uma ilha verde no contexto urbano da região, além de manter o carbono estabilizado no material orgânico, promove localmente uma maior qualidade do ar quanto a umidade e temperatura. Minimização de enchentes e secas é escopo pela proteção de carreamento de solo e assoreamento do corpo hídrico adjacente. Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas são escopo por haver orientações específicas para este fim no que tange à proteção do solo. Moderação de eventos climáticos extremos, manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico não são escopo por a influência destes serviços ecossistêmicos naquela localidade não representarem interferências relevantes.

Sobre os serviços culturais. Recreação, identidade cultural e estética são escopo por a sociedade local usar daquele espaço para estes usos. Já o turismo não passa por influência relevante nem social, nem economicamente, pela execução deste serviço ambiental, portanto não é escopo. O uso para experiência espiritual e para o desenvolvimento intelectual não serão alterados significativamente, portanto não será escopo.

Com base nestas considerações deve-se preencher a Tabela A2 com dados das Tabelas 2 e 3.

Para esta simulação a proposta “A” teria um possível preenchimento A2 após avaliação por técnicos ambientais.

Tabela A2 - Cálculo do Índice de Eficácia (IEx) simulado

Natureza do serviço	Componentes	DE	VCN	Soma
		0;0,2;0,4;0,6;0,8;1,0	+1; 0; -1	DE+VCN
Provisão	Água	1,0	1	2,0
	Alimentos	1,0	1	2,0
	Madeira			
	Fibras			
	Extratos			
	Outros			
Suporte	Ciclagem de nutrientes	0,4	0	0,4
	Decomposição de resíduos	0,8	1	1,8
	Produção de solo			
	Manutenção do solo	0,6	1	1,6
	Renovação do solo	0,8	1	1,8
	Fertilidade do solo	0,2	0	0,2
	Polinização	1,0	0	1,0
	Dispersão de sementes	0,8	1	1,8
	Controle de populações de potenciais pragas	0,8	1	1,8
	Controle de vetores potenciais doenças humanas	0,8	1	1,8
	Proteção contra radiação solar ultravioleta			
	Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético			
	Regulação	Sequestro de carbono	0,6	1
Purificação do ar		0,4	1	1,4
Moderação de eventos climáticos extremos				
Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico				
Minimização de enchentes e secas		0,8	1	1,8
Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas		1,0	1	2,0
Culturais	Recreação	0,6	1	1,6
	Turismo			
	Identidade cultural	0,6	0	0,6
	Experiências espirituais			
	Estéticas(paisagens)	0,6	1	0,6
	Desenvolvimento Intelectual			
<b>Média aritmética (MEx)</b>				<b>1,43</b>

Fonte: O autor.

A partir da Tabela 5, define-se o Índice de Eficácia. Identifica-se, portanto, que o Índice de Eficácia (IEx) é “V”, ou seja, valoração ambiental.

Seriam possíveis as considerações para o preenchimento da tabela anterior.

Sobre os serviços de provisão. A água é demanda municipal pelas características de contribuição daquela área para os corpos hídricos do município, o valor do capital natural seria significativamente depreciado em caso de impactos neste serviço ecossistêmico, portanto os respectivos valores para este componente são 1,0 e 1. Alimentos providos pelo serviço ecossistêmico daquela área são demandas municipais, pois geram renda e reduzem a vulnerabilidade alimentar local, redução neste serviço ecossistêmico implicaria em impactos negativos relevantes a área e ao município dado que os diretamente envolvidos ajudam a cuidar da área em diversos aspectos, portanto os respectivos valores para este componente são 1,0 e 1.

Sobre os serviços de suporte. Ciclagem de nutrientes é, em si, de baixa relevância para o município pois há outras formas de se disponibilizar nutrientes para os diversos fins, nesta área a não disponibilização deste serviço ecossistêmico seria de baixo impacto no valor do capital natural, portanto os respectivos valores para este componente são 0,4 e 0. A decomposição de resíduos é demanda municipal alta pois seu não tratamento adequado pode acumular material combustível o que geraria mais riscos de incêndios, portanto os respectivos valores para este componente são 0,8 e 1. Manutenção do solo de moderada demanda ambiental pois não há histórico de deslizamentos e erosões naquela área, porém a perda de solo por carreamento seria de impacto relevante no valor do capital natural, portanto os respectivos valores para este componente são 0,6 e 1. Renovação do solo é de moderada demanda municipal, pois há métodos alternativos, apesar de mais dispendiosos financeiramente, e haveria impactos significativos no valor do capital natural, portanto os respectivos valores para este componente são 0,8 e 1. A fertilidade do solo de muito baixa demanda ambiental, pois há métodos alternativos para atender a este serviço ecossistêmico e haveriam impactos ecossistêmicos de baixa relevância localmente, portanto os respectivos valores para este componente são 0,2 e 0. A polinização é de muito alta demanda municipal, porém a sua disponibilização poderia ser feita por meio de serviços ecossistêmicos de outras regiões, havendo um baixo impacto no valor do capital natural, portanto os respectivos valores para este componente são 1,0 e 0. A dispersão de sementes é relevante em si pela perenidade da população na área preservada e sua falta acarretaria impacto no valor do capital natural significativo, portanto os respectivos valores para este componente são 0,8 e 1. O controle de

população de potenciais pragas e Controle de vetores potenciais doenças humanas tem suas medidas de demanda municipal e variação do capital natural respectivamente 0,8 e 1 por o serviço ambiental representar a importantes aspectos na uso do espaço.

Sobre os serviços de regulação. Sequestro de carbono e purificação do ar são escopo e tem seus valores de demanda municipal 0,6 e 0,4 respectivamente pelo tamanho da área frente ao total de reserva para este fim, a variação de capital natural é positiva com a preservação, portanto os valores atribuídos a este quesito é 1. Minimização de enchentes e secas são uma alta demanda ambiental por o fluxo de água que pode chegar ao corpo hídrico superficialmente, caso volumoso demais, pode causar enchentes na cidade e por outro lado caso não tenha uma absorção pelo solo haverá períodos de secas mais rigorosos, portanto, as medidas de demanda ambiental e variação do capital natural são respectivamente 0,8 e 1. De forma similar o serviço ambiental que suporta o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas tem seus valores em 1,0 e 1 para demanda municipal e variação do capital natural.

Sobre os serviços culturais. Recreação, identidade cultural e estética são escopo por a sociedade local usar daquele espaço para estes usos. Os valores atribuídos em demanda municipal para eles é de 0,6 os valores de variação do capital natural para recreação e paisagens é de 1 e para identidade cultural é 0 (zero).

Segue-se para cálculo do Índice de Eficiência com o preenchimento da Tabela 1 nas respectivas colunas.

Para esta simulação as propostas divergem em termos de preenchimento desta tabela, serão feitas, portanto, dois preenchimentos separados, sendo a Tabela A3 para a proposta "A".

Portanto temos que o MEy para a proposta "A" é de -1,22. Com base na Tabela 8 temos o Índice de Eficiência (IEy).

Que teremos como Índice de Eficiência para a proposta "A" de LD.

Consultando a Tabela 9 teremos que o Fator de Ajuste da proposta "A" é 1,05. Aplicando-se a equação 1  $PMSA = C_{ref} \cdot FA$  teremos, caso a caso.

Logo o PMSA para a proposta "A" seria de  $C_{ref} = R\$ 3.718,50 * 1,05 = R\$ 3.904,42$ .

Tabela A3 - Pegada Ecológica simulada proposta “A”

Natureza do serviço	Componentes	Insumos	Processos	Produtos e resíduos	Soma
Provisão	Água	-1	-1	0	-2
	Alimentos	-1	-1	0	-2
	Madeira				
	Fibras				
	Extratos				
	Outros				
Suporte	Ciclagem de nutrientes	-1	0	0	-1
	Decomposição de resíduos	0	0	0	0
	Produção de solo				
	Manutenção do solo	-1	0	0	-1
	Renovação do solo	0	0	0	0
	Fertilidade do solo	-1	0	0	-1
	Polinização	-1	-1	0	-2
	Dispersão de sementes	-1	-1	0	-2
	Controle de populações de potenciais pragas	-1	0	0	-1
	Controle de vetores potenciais doenças humanas	-1	0	0	0
	Proteção contra radiação solar ultravioleta				
	Manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético				
	Regulação	Sequestro de carbono	-1	-1	0
Purificação do ar		-1	-1	0	-2
Moderação de eventos climáticos extremos					
Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico					
Minimização de enchentes e secas		0	0	0	0
Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas		-1	0	-1	-2
Culturais	Recreação	-1	-1	-1	-3
	Turismo				
	Identidade cultural	0	0	0	0
	Experiências espirituais				
	Estéticas (paisagens)	-1	0	0	-1
	Desenvolvimento Intelectual				
				<b>Média aritmética (MEy)</b>	<b>-,122</b>

Fonte: O autor.



Regulação	Sequestro de carbono	
	Purificação do ar	
	Moderação de eventos climáticos extremos	
	Manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico	
	Minimização de enchentes e secas	
	Controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas	
	Recreação	
Culturais	Turismo	
	Identidade cultural	
	Experiências espirituais	
	Estéticas (paisagens)	
	Desenvolvimento Intelectual	
	<b>Média aritmética (MEx)</b>	<b>Média aritmética (MEy)</b>

Fonte: O autor.