



**XIX COBREAP | Foz do Iguaçu**

**INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS**

**CONGRESSO BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS**

**21 a 25 agosto de 2017**

Hotel Mabu Thermas Grand Resort  
Foz do Iguaçu / PR / Brasil

## **AVALIAÇÃO E PRECIFICAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

**ANA CAROLINA VALERIO NADALINI**

**EDUARDO TELES**



*O Conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade dos seus autores.*



# **XIX COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – FOZ DO IGUAÇU – 2017**

## **AVALIAÇÃO E PRECIFICAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE ECOSSISTEMAS**

A preservação do meio ambiente e sua relação com o bem-estar humano tem sido objeto de estudo tanto no meio acadêmico como na formulação de políticas públicas. Neste contexto, a avaliação dos recursos naturais ocupa lugar central, uma vez que, na medida em que a sociedade deixa de avaliar as contribuições dos ecossistemas naturais, como é o caso atualmente, os ecossistemas não estão protegidos por serem percebidos como bens sem valor econômico. Este trabalho tem como principal objetivo a criação de uma ferramenta de sistema de gestão ambiental para avaliação dos serviços ecossistêmicos e a determinação do seu real grau de preservação e sua consequente valoração. A metodologia proposta pode ser utilizada em áreas com presença de recursos naturais e que tenham sofrido ação antrópica, para a determinação do estado de preservação do ecossistema para que se possa quantificar, com fundamentos e embasados em critérios técnicos, a precificação do dano ambiental ocorrido.

**Palavras chave:** sistema de gestão ambiental, dano ambiental, valoração, indicadores socioambientais.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS .....	4
2.1 INDICADORES .....	6
2.2 DANO AMBIENTAL X INDENIZAÇÃO.....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO .....	14
5. CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS .....	18

## 1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos e sua preservação têm estrita relação com o bem-estar humano pois desta relação depende nossa saúde e sobrevivência. Expressar o valor dos serviços ecossistêmicos em termos monetários se torna uma ferramenta útil para chamar a atenção para a importância da sua preservação, apesar da importância dos ecossistemas para a sociedade ser vista por dimensões distintas como a ecológica, a sociocultural e a econômica (Costanza *et al*, 2014; De Groot *et al*, 2012). No entanto, não há como se avaliar os recursos naturais utilizando-se preços de mercado uma vez que, os valores de mercado são inversos às contribuições dos recursos naturais para o bem estar da sociedade, pois quando os produtos ambientais são abundantes, contribuem mais porém o valor de mercado é pequeno. Quando os produtos ambientais são escassos, o valor de mercado é alto.

Neste contexto, a valoração dos recursos naturais tem aumentado o interesse sobre o assunto tanto no meio acadêmico como na formulação de políticas públicas desde a publicação do Millenium Ecosystem Assesment (MEA, 2005). O estudo apontou que cerca de 60% (15 entre 24) dos serviços dos ecossistemas globais têm sido degradados ou utilizados de forma não sustentável e que mudanças significativas nas políticas, instituições e práticas poderiam mitigar muito das consequências negativas do aumento da pressão sobre os ecossistemas.

Partindo do pressuposto de que os métodos de avaliação ambiental de recursos naturais e a consequente atribuição do valor econômico aos danos gerados pela degradação podem contribuir para orientar a tomada de decisão em políticas públicas, o principal objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de precificação dos danos ambientais envolvendo os serviços ecossistêmicos e que possa ser tomado como referência para outros exercícios de valoração.

A partir da análise das condições apresentadas verificou-se um hiato de pesquisa que consistia na necessidade de elaboração e implementação de um modelo de decisão e precificação das avaliações de áreas que passaram por processo de degradação como forma de padronizar as avaliações realizadas por peritos técnicos. O desenvolvimento do *software*, a partir da metodologia proposta, permitirá que profissionais que atuam na área ambiental possam realizar perícias de modo uniforme e mais seguro.

O estudo ainda procurou demonstrar que, dentro do debate do uso do capital natural, a questão ecológica é uma questão social, e a questão social só pode ser adequadamente trabalhada hoje quando se adota conjuntamente a questão econômica e ecológica.

## 2. VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

A relação entre os seres humanos e a natureza é feita através dos serviços ecossistêmicos. Assim, estimar a magnitude das contribuições dos serviços ecossistêmicos e a consequente perda destes serviços faz com que se perceba a sua importância para a sobrevivência da humanidade.

Um ecossistema é um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microorganismos e recursos abióticos interagindo como uma unidade funcional. Florestas, rios, oceanos e corais são sistemas ecológicos, conhecidos como ecossistemas (ODUM & BARRET, 2011). Os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos derivados das funções de um ecossistema. Estes incluem serviços de provisionamento, tais como alimentos, água, madeira e fibra; serviços reguladores que afetam o clima, como inundações, doenças, resíduos e qualidade da água; serviços culturais que oferecem serviços recreativos e de turismo; e serviços de suporte, tais como formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

Os serviços ecossistêmicos consistem num fluxo de materiais, energia e informação do estoque de capital natural que se combinam com o capital produzido pelo homem (manufaturado) para gerar o bem-estar humano. Diferentes ecossistemas prestam diferentes serviços: manguezais, por exemplo, atenuam inundações, armazenam água e provém outros benefícios econômicos como pesca e turismo. As florestas, além da produção de madeira, prestam serviços indiretos como manutenção da fertilidade do solo e reciclagem de nutrientes, proteção de bacias hidrográficas, redução da poluição do ar, regulações climáticas, fixações de carbono e manutenção da biodiversidade. Em outras palavras, os serviços ecossistêmicos são a interface básica entre o capital natural e o bem-estar humano, sendo que o capital natural e o capital manufaturado são complementares e não substitutos, assim percebe-se que os elementos da natureza não podem ser substituídos por máquinas e equipamentos. Como exemplo, pode-se citar a pesca, cujo fator limitante se tornou a população remanescente de peixes e não mais a quantidade de barcos. Antes, a pesca era limitada pelo número de barcos pesqueiros no mar, pois eram poucos barcos para grandes populações de peixe (Costanza et al, 2014; Daly, 2007).

A diversidade do ecossistema é importante para que esse sistema complexo continue estável, equilibrado e autossuficiente, porém de acordo com o relatório da UNESCO (2015), houve uma queda de 30% da biodiversidade entre os anos de 1970 e 2012, que juntamente com as mudanças climáticas, vêm contribuindo para o declínio dos serviços prestados pelos ecossistemas ao redor do mundo.

O Brasil é o quinto maior país do mundo tanto em termos de área como em tamanho de população, abriga mais de 20% de todas as espécies vivas do planeta sendo também o país com maior número de espécies extintas. A ameaça à biodiversidade tem como principal causa a perda de habitat e degradação devido a mudanças de uso na terra, por exemplo, os remanescentes da Mata Atlântica não ultrapassam 22% da cobertura original e houve perda de 40% da vegetação natural do Cerrado, dois importantes biomas globais (UNEP-WCMC, 2016).

A avaliação dos serviços ecossistêmicos é particularmente difícil, em parte, devido aos valores que as pessoas atribuem aos ecossistemas e, em parte, devido ao

desafio de medir o valor econômico de valores associados com serviços ecossistêmicos que não tem preço de mercado. Geralmente, os economistas se apoiam em preços de mercado para prover uma medida do valor das várias *commodities*, mas para muitos serviços ecossistêmicos não existe mercado (MEA, 2005). Os valores variam de acordo com a localização, do método e das premissas utilizadas na avaliação, e até dos beneficiários dos serviços ecossistêmicos, já que alguns indivíduos os valorizam mais que outros (WELLS et al, 2006).

Martinez-Alier (2007) afirma que os conflitos ambientais se expressam como conflitos de valoração na medida em que se devem decidir quais os usos possíveis do capital natural, em função dos seus valores que vão além dos valores econômicos. Os conflitos surgem então, devido à existência de valores diversos assim como a interesses diferentes, como exemplo, podem-se citar a proteção aos manguezais: alguns desejam proteger os mangues pois apreciam seus benefícios ecológicos e estéticos enquanto uma comunidade pode querer preservá-lo pois dele depende o seu sustento através da captura de caranguejos.

As avaliações apoiadas somente em valores de mercado, acabam por negligenciar parte do valor do ecossistema associado aos diversos serviços prestados como, por exemplo, valores culturais ou de regulação do clima. A avaliações dos diversos valores implícitos nos serviços ecossistêmicos se torna uma importante ferramenta para melhorar os incentivos na conservação dos recursos naturais e o uso sustentável dos mesmos.

No entanto, tendo em vista a importância de se produzir uma estimativa do valor dos serviços ecossistêmicos que são responsáveis pelo bem-estar da humanidade e, portanto, de maneira direta ou indireta, representam parte do valor econômico do planeta, diversos estudos têm sido realizados no sentido de se avaliar os recursos naturais.

Um importante exemplo de valor econômico associado ao uso dos serviços do ecossistema foi calculado em escala global por Costanza et al (1997), que constituiu uma das mais importantes publicações da economia ecológica. Foram estimados o valor anual dos fluxos globais de 17 serviços em 16 tipos de ecossistemas, baseados em estudos publicados e cálculos próprios. Em 2011, Costanza et al (2014) fizeram uma atualização deste estudo e o valor encontrado foi de US\$ 124,8 trilhões, um valor 2,7 vezes superior ao produto bruto mundial (US\$ 75,2 trilhões). No entanto, diferenças entre os estudos de 1997 e 2011 apontaram que houve uma perda de serviços ecossistêmicos estimada entre US\$ 4,3 e US\$ 20,2 trilhões/ano, principalmente devido às mudanças no uso da terra.

Assim, verifica-se que, se esses valores fossem levados em consideração na elaboração de políticas públicas, como na elaboração de leis de uso e ocupação do solo, talvez essas mudanças no uso da terra e a consequente de perda de serviços ecossistêmicos, não superassem os benefícios econômicos advindos da especulação imobiliária, ou seja, a avaliação destes serviços em termos monetários, serve como uma ferramenta para estimar a sua contribuição relativa na sociedade.

A partir da publicação de Costanza et al (1997) houve um grande aumento no número de artigos e publicações sobre valoração monetária de recursos naturais, serviços ecossistêmicos e biodiversidade. Essas publicações abrangem um grande

número de ecossistemas, tipos de relevo, diferentes áreas, diferentes níveis de escala, tempo e complexidade e diversos métodos de avaliação o que contribui para o aumento da bibliografia e estudos de referência sobre valoração dos recursos naturais (DE GROOT et al, 2012).

Com o intuito de melhorar as análises feitas sobre a valoração econômica dos ecossistemas, e elaborar um banco de dados contendo informações sobre avaliação dos serviços ecossistêmicos, TEEB (2012) criaram um banco de dados denominado Ecosystem Service Value Database – ESVD. O ESVD foi criado a partir da análise de um total de 320 publicações abrangendo cerca de 300 estudos de caso. Os valores foram estimados utilizando-se uma variedade de abordagens, incluindo preços de mercado, métodos de custo, métodos de função da produção e de demanda (preferências individuais). Foram avaliados 10 biomas principais (oceanos, recifes de corais, sistemas costeiros, zonas úmidas costeiras, águas interiores, rios e lagos, florestas tropicais, florestas temperadas, bosques, pradaria) com base em estudos de caso locais em diversas partes do mundo. Para cada bioma foram identificados 22 serviços ecossistêmicos e os valores foram transformados em dólares internacionais para o ano de 2007, por hectare, por ano (Int\$/ha/ano).

De GROOT et al (2012) afirmam que o banco de dados ESVD é um dos maiores deste tipo contendo valores efetivos de uma gama de serviços ecossistêmicos, nos quais os valores estão organizados em dólares internacionais/hectare/ano o que facilita a transferência de valores. Assim, os resultados obtidos podem servir como base para se calcular o valor monetário dos recursos naturais e conseqüentemente ajudar na análise dos efeitos de diferentes usos da terra, tanto através de pesquisas empíricas como transferência de valores na ausência de valores originais.

A inclusão de valores monetários pode auxiliar a internalizar pelo menos parte do verdadeiro valor econômico e importância social da manutenção dos recursos naturais na elaboração das políticas públicas e ainda, propiciar a análise de possíveis cenários envolvendo desde a avaliação do uso do solo e possíveis desapropriações a pagamentos por serviços ecossistêmicos, além de possibilitar de maneira mais clara a comparação entre a conservação da biodiversidade e o mundo econômico (LAURILA-PANT, 2015).

Kubiszewski et al (2017) afirmam que o referido estudo chamou ainda mais a atenção para o tema de avaliação dos serviços ecossistêmicos, e o uso de valores monetários faz com que o tema fique mais acessível à um público maior, o que possibilita que as pessoas participem das tomadas de decisões a respeito do uso dos recursos naturais, e assim decidam sobre o tipo de futuro que almejam. Os valores monetários por si só não oferecem repostas às decisões difíceis, mas para os autores, são essenciais na construção de medidas mais integradas e compreensíveis que levem a humanidade a atingir um desenvolvimento mais sustentável.

## **2.1 Indicadores**

O termo indicador tem origem no termo *indicare* do latim, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar (VAN BELLEN, 2006).

O uso de indicadores e índices físicos é uma ferramenta muito utilizada pelos economistas ecológicos por retratar melhor o impacto da economia humana no meio ambiente, devido às imperfeições da valorização monetária, sendo uma ferramenta essencial tanto para o planejamento das políticas e instrumentos de gestão ambiental, quanto na avaliação dos impactos gerados por tais iniciativas sobre os serviços ecossistêmicos (MARTINEZ-ALIER, 2007).

Há consenso entre especialistas, órgãos de governo e agências internacionais de que o uso de um sistema de indicadores é uma ferramenta essencial tanto para o planejamento das políticas e instrumentos de gestão ambiental, quanto na avaliação dos impactos gerados por tais iniciativas sobre os serviços ecossistêmicos (REYERS *et al*, 2012; MELO e SOUZA, 2007; SANTOS, 2004).

Os indicadores têm sido definidos fartamente pela literatura como sendo ferramentas que simplificam e quantificam a informação, têm a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio, sendo uma ferramenta essencial tanto para o planejamento das políticas e instrumentos de gestão ambiental, quanto na avaliação dos impactos gerados por tais iniciativas sobre os serviços ecossistêmicos (REYERS *et al*, 2012; MELO e SOUZA, 2007; VAN BELLEN, 2006; SANTOS, 2004).

A utilização de indicadores nas avaliações socioambientais permite o conhecimento da interação do sistema ambiental entre as diferentes dimensões, além de conhecer o impacto destas interações, facilitando a quantificação do potencial de valorização de uma área que se queira estudar.

Com base no estudo realizado pelo Millenium Ecosystem Assessment, Reyers *et al* (2012) apontam os principais tipos de indicadores para medição da biodiversidade e serviços ecossistêmicos para fins de avaliação:

Indicadores de diversidade: são usados para medir e mapear a diversidade, endemismo e riqueza das espécies. Exemplos: variedade genética, diversidade das espécies.

Indicadores quantitativos: medem a quantidade de população, espécies e níveis de ecossistema e podem expressar o número total ou apontar mudanças em números nesses níveis. Exemplos: área de floresta, número de pássaros, estoque de peixes;

Indicadores de condição: reportam as mudanças da situação ou condição dos ecossistemas e biodiversidade, refletindo a degradação dos componentes biofísicos dos sistemas ambientais, ou seja, se referem à qualidade do ambiente e à quantidade e à qualidade dos recursos naturais. Exemplos: risco de extinção das espécies, níveis de nutrientes, grau de fragmentação do ecossistema;

Indicadores de pressão: mensuram as pressões advindas da ação humana (ação antrópica) sobre o meio ambiente, incluindo os recursos naturais. Exemplos: introdução de espécies exóticas invasivas, super exploração, mudanças climáticas.

Uma das possíveis contribuições de uma avaliação baseada em indicadores socioambientais dos tipos acima elencados consiste na possibilidade de avaliar e prever as consequências econômicas da perda da biodiversidade e mudanças provocadas pelo homem nos ecossistemas.



## 2.2 Dano ambiental x indenização

A indenização justa, prevista no art. 5º, XXIV, da Constituição Federal Brasileira de 1988 (CF), é aquela que corresponde real e efetivamente ao valor do bem expropriado, visando recompor o *status quo* do imóvel. Nas palavras de Mello (2004, p. 777), “indenização justa é a que se consubstancia em importância que habilita o proprietário a adquirir outro bem perfeitamente equivalente e o exime de qualquer detrimento”.

A mesma Constituição Federal no art. 225, garante a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, e nesta esteira surge o dano ambiental ou ecológico em face da violação de um direito juridicamente protegido. Mas como recompor o status quo de um bem ambiental, o qual por muitas vezes, sofreu danos irreversíveis? E o que se falar de desapropriações onde o valor da indenização deve corresponder ao valor de mercado do bem expropriado, porém as desapropriações ambientais ocorrem em áreas onde há restrições quanto ao seu aproveitamento econômico, onde não existe mercado.

Haddad e Santos (2009) argumentam que a desapropriação ambiental possui notáveis diferenças em relação à desapropriação geral e portanto, a utilização dos mesmos critérios de valoração empregados nos processos de desapropriação comum acabam por gerar grandes distorções no valor da indenização final.

A estimativa dos danos ambientais provenientes das atividades humanas é de difícil valoração em virtude da dificuldade em se estabelecer parâmetros econômicos de reparação. Nem sempre é possível quantificar o dano ambiental visto que o mesmo se dá devido à degradação dos serviços ecossistêmicos e sua avaliação é particularmente difícil, em parte devido aos valores intrínsecos que algumas pessoas atribuem aos ecossistemas e parte devido ao desafio de medir o valor econômico de valores associados com serviços ecossistêmicos que não tem preço de mercado MEA (2005).

- **Degradação ambiental**

Outro conceito utilizado no presente trabalho é o da degradação ambiental. Para Sanchez (2011), degradação ambiental pode ser conceituada como “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental”. Pode-se dizer que, a degradação corresponde a um impacto ambiental negativo sendo que sempre o causador da degradação ambiental é o ser humano.

A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981), define degradação ambiental como “alteração adversa das características do meio ambiente” (art. 3º, inciso II). Percebe-se que esta definição é bastante ampla e abrange todos os casos de degradação, não somente aqueles ligados à poluição ou emissão de poluentes, como por exemplo, casos de alteração da paisagem como a construção de um complexo turístico na orla marítima ou danos à fauna causados pela modificação de habitats como nos casos de aterro de um manguezal (SANCHEZ, 2011).

O ambiente pode ser degradado de várias maneiras, através do solo, da vegetação e das águas. Tanto o ambiental natural como o construído degrada-se, podendo ser descaracterizados e até destruídos. Por isso, a questão dos impactos originados pela degradação ambiental é complexa e exige conhecimentos multidisciplinares.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem geral deste estudo teve como ponto inicial os valores globais dos serviços ecossistêmicos calculados por De Groot *et al* (2012). Esta abordagem consiste na estimativa dos valores dos serviços provenientes dos ecossistemas, calculado em unidades monetárias, transformados em dólares internacionais para o ano de 2007, por hectare, por ano (Int\$/ha/ano), através de uma gama variada de métodos de avaliação. Tais métodos incluem: preços de mercado, métodos de custo, métodos de função da produção e de demanda (preferências individuais), utilizados em diversos estudos de caso ao redor do mundo, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos valores dos serviços ecossistêmicos para alguns ecossistemas pesquisados.

<b>Ecossistemas</b>	<b>Valor Econômico total</b> (Valores médios em Int.\$/hectare/ano, 2007)
<b>Oceano</b>	491
<b>Sistemas Costeiros<sup>a</sup></b>	28,917
<b>Zonas úmidas costeiras</b>	193,845
<b>Floresta Tropical</b>	5,264
<b>Floresta Temperada</b>	3,013

Fonte: adaptado de De GROOT et al (2012).

Os valores obtidos por De Groot *et al* (2012) foram calculados já com a pretensão de se usar a técnica de transferência de valores para outras localidades. A transferência de valores assume um valor unitário constante por hectare de tipo de ecossistema e multiplica esse valor pela área devastada de cada tipo, para se obter os valores totais. De acordo com Constanza *et al* (2014), essa técnica pode ser melhorada ajustando-se os valores usando opiniões de especialistas locais ou outras ferramentas com abordagens mais dinâmicas. Adicionalmente, para esta proposta levou-se em conta as atualizações monetárias do período.

Neste sentido, utilizou-se o levantamento de indicadores, nas três esferas baseado nos preceitos de sustentabilidade, ou seja, indicadores ambientais, sociais e econômicos. A estratégia usada para a elaboração dos parâmetros a serem observados no levantamento de dados foi baseada em métodos utilizados em estudos de impacto ambiental através do uso de matrizes proposto por Santos (2004) os quais, após serem ponderados, identificam o estado ou grau de preservação do ecossistema analisado.

O grau de preservação do ecossistema é constituído por dois fatores: severidade e ocorrência do dano. O cruzamento de dados entre os dois eixos permite uma análise ponderada entre os elementos do meio biofísico e o impacto da atividade humana, e os resultados representados no Quadro 1.

Quadro 1: Graus de preservação do ecossistema.

GRAU (%)	DENOMINAÇÃO
0 -19,99	PRESERVADO
20 - 39,99	PARCIALMENTE PRESERVADO
50 - 59,99	PARCIALMENTE DEGRADADO
60 - 79,99	MODERADAMENTE DEGRADADO
80 - 100	FORTEMENTE DEGRADADO

Fonte: autores, 2017.

A partir da determinação do grau de preservação de cada indicador do ecossistema analisado, faz-se a plotagem na matriz ponderada (Figura 1) e tem-se análise do ecossistema como um todo e a avaliação dos impactos ambientais observados.

Figura 1: Matriz de determinação do estado de preservação do ecossistema.

<i>Severidade</i>	IV	2	3	4	5
	III	1	2	3	4
	II	1	2	2	3
	I	1	1	1	2
		1	2	3	4
		<i>Ocorrência</i>			

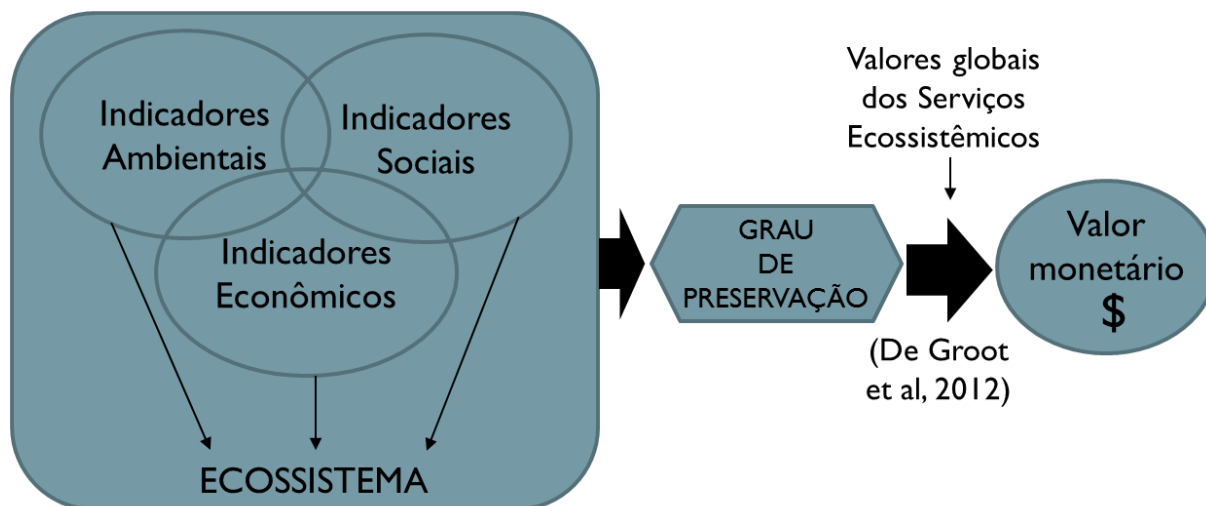
Legenda:

- 1- Preservado
- 2 - Parcialmente Preservado
- 3 - Parcialmente Degradado
- 4 - Moderadamente Degradado
- 5- Fortemente Degradado

Fonte: autores, 2017.

Após a obtenção do grau de preservação do ecossistema, faz-se o cálculo do valor econômico dos serviços ecossistêmicos utilizando-se os valores calculados por De Groot *et al* (2012) e aplicando-se a técnica de transferência de valores com o aprimoramento para o ecossistema analisado. O esquema geral da metodologia proposta está demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Interação dos aspectos sociais, ambientais e econômicos no ecossistema e a metodologia para obtenção do valor monetário do ecossistema pesquisado.



Fonte: autores, 2017.

Os indicadores escolhidos devem ser relevantes e efetivos, além de precisos e aplicáveis, e são baseados nos serviços ecossistêmicos que são identificados de acordo com os benefícios e serviços fornecidos pelos ecossistemas para a sociedade. Este estudo classifica os serviços ecossistêmicos em quatro categorias baseado nas categorias apresentadas pelo MEA (2005): serviços de provisão (alimentos, água, fibras, lenha, recursos genéticos); serviços de regulação (regulação do clima, controle de doenças, purificação de água, controle de enchentes e desastres naturais); serviços culturais (recreação, turismo, educacional, espiritualidade); e serviços de suporte (ciclagem de nutrientes, formação dos solos e fotossíntese).

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, percebe-se que não é possível a análise isolada de cada indicador uma vez que é importante ter em mente a dinâmica dos processos impactantes, pois diversas vezes os danos são mais nocivos pelo somatório de vários impactos de pequena intensidade do que por uma ação ou efeito isolado, de média a alta intensidade.

Para o desenvolvimento do *software*, a partir da modelagem e com base na metodologia retro exposta, utilizou-se as seguintes tecnologias e ferramentas:

- Java: Plataforma de Desenvolvimento de *Software* gratuita, híbrida e multi-plataforma mantida pela empresa Oracle;
- JSF (Java Server Faces): *Framework* Java para a construção de interfaces de usuário baseadas em componentes para aplicações WEB.

- *Primefaces*: Uma suíte de componentes *Open Source* complementares à tecnologia JSF, voltadas à interação com o usuário;
- Hibernate ORM: Framework de mapeamento objeto-relacional das classes do *software* possibilitando melhor interação entre a camada que contém as regras de negócio e a de persistência de dados;
- *Spring Security*: Parte integrante do *framework* Spring que possibilita o controle de permissões de acesso dos usuários.
- Jasper: Biblioteca computacional gratuita (open source) para a criação e manipulação de arquivos PDF. Foi utilizada para o desenvolvimento dos relatórios do *software*.

## 4. SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

A elaboração do software de gestão ambiental teve como objetivo servir de apoio à decisão do avaliador para a determinação do estado de preservação de uma área ambiental, e conseqüentemente a precificação do dano ambiental eventualmente ocorrido.

A implementação do *software* foi realizada na linguagem computacional Java, com o sistema gerenciador de banco de dados *MySQL* na versão 5.6. O sistema recebeu o nome de SAPRECO (Software de Avaliação da Preservação dos Ecossistemas) e tem toda a regra de negócio baseada no modelo de decisão proposto neste trabalho.

A Figura 3 apresenta a tela inicial do *software* com todas as funcionalidades (modo administrador).

Figura 3: Funcionalidades do software.



Como apresentado na Figura 3Figura 2, os cadastros de recursos, ecossistemas, dimensões de avaliação, indicadores, ocorrências e severidade podem ser ajustados ao longo do tempo a partir do avanço de pesquisas na área, permitindo uma parametrização do *software*. Os dados parametrizados atualmente foram apresentados na seção anterior deste trabalho.

O *software* também permite realizar mais de uma avaliação para a mesma área/ecossistema, nos casos onde, por questões judiciais, seja necessário realizar um acompanhamento ou a confirmação de determinada avaliação, realizada outrora. A Figura 4 apresenta a tela de realização da avaliação a partir da escolha de uma área cadastrada.

Figura 4: Tela de seleção de área para avaliação.

O usuário, após escolher a área a ser avaliada, deve indicar qual ecossistema passará pela avaliação naquele momento. Este processo será realizado de acordo com a quantidade de ecossistemas existentes e requeridos para avaliação.

Já na Figura 5, é demonstrada a tela de avaliação contendo as ocorrências, severidades e o respectivo cálculo do dano ambiental.

Figura 5: Tela de avaliação.

Dimensão	Indicador	Ocorrência	Severidade	Status Dano	Class. Dano	Data	
<input type="radio"/>	Ambiental	Linha Contato Ambiente Aquático	Desprezível	Pontual	Preservado	6.25	15-04-2017
<input type="radio"/>	Ambiental	Presença de Clareiras	Marginal	Isolada	Parcialmente Preservado	25.0	15-04-2017
<input type="radio"/>	Ambiental	Despejo de Entulho	Marginal	Isolada	Parcialmente Preservado	25.0	15-04-2017
<input type="radio"/>	Ambiental	Despejo Efluentes Domésticos Industriais	Marginal	Contínua	Parcialmente Preservado	37.5	15-04-2017

Conforme apresentado na metodologia, a avaliação segue os passos do modelo apresentado na Figura 2. A opção de edição da avaliação, permite ajustes pontuais, incluindo a data de avaliação. Após a realização da avaliação dos critérios, conforme severidade das ocorrências, um relatório é apresentado informando os



valores em US\$ da degradação de cada ecossistema e a avaliação qualitativa final, conforme Quadro 2, apresentado neste artigo.

A seguir, na Figura 6, é demonstrado a página 1 de um relatório de avaliação de uma área, com valores parciais de degradação, relativos aos indicadores desta página.

Figura 6: Relatório de Avaliação emitido pelo *software* SAPRECO.

SAPRECO		Relatório Avaliação		
Descrição da Área: Manguezal da Serra Coordenadas X:20.80.30 Y:20.70.30 Data da Avaliação: 15-04-2017		SAPRECO Cidade: Manguezal da Serra Área Total:50.0 ha Área Ecossistema:50.0 ha		
■ Ecossistema: Mangue				
Dimensão	Indicador	Severidade	Ocorrência	Status Dano
Ambiental	Linha Contato Ambiente Aquático	Pontual	Desprezível	Preservado
Ambiental	Áreas Vegetação Morta	Isolada	Marginal	Parcialmente Preservado
Ambiental	Presença Avifauna	Isolada	Desprezível	Preservado
Ambiental	Obstrução Canal Mangue	Pontual	Desprezível	Preservado
Ambiental	Ocorrência Mortandade Peixes	Pontual	Desprezível	Preservado
Ambiental	Alteração Sensorial	Pontual	Desprezível	Preservado
Ambiental	Despejo Efluentes Domésticos Industriais	Contínua	Marginal	Parcialmente Preservado
Ambiental	Despejo de Entulho	Isolada	Marginal	Parcialmente Preservado
Ambiental	Presença de Clareiras	Isolada	Marginal	Parcialmente Preservado
Econômica	Empreendimentos de hotelaria	Isolada	Desprezível	Preservado
Econômica	Carcinicultura	Contínua	Desprezível	Preservado
Econômica	Presença de salinas	Contínua	Desprezível	Preservado
Econômica	Presença de atividade extrativa aleatória	Isolada	Marginal	Parcialmente Preservado
Econômica	Presença de atividade extrativa organizada	Isolada	Desprezível	Preservado
Social	Ocupações irregulares dentro da faixa de APP	Contínua	Marginal	Parcialmente Preservado
Percentual de Degradação: 18,33 %		Custo Degradação: US 111.494,167		Resultado Geral: Preservado

O relatório da avaliação apresenta de forma clara a metodologia proposta, além de apresentar os resultados da avaliação no que tange a valores econômicos e parecer geral qualitativo. Com o relatório gerado, o profissional da área ambiental deverá realizar a atualização monetária do período entre 2007 e o ano de avaliação e, logo em seguida, converter o valor do dano constatado para o Real.

## **5. CONCLUSÃO**

Este trabalho demonstrou que o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão para avaliação e precificação de áreas/ecossistemas degradados, seguindo uma metodologia consistente e difundida no meio acadêmico em todo o mundo, é uma forma de promover a inovação tecnológica com vistas a uma padronização na precificação das avaliações envolvendo questões ambientais.

O trabalho justificou-se pela constante demanda de serviços de avaliação de preservação de áreas de preservação ambiental, bem como de locais que sofrem degradação por parte de empresas e comunidades inseridas no seu contexto. Adicionalmente, oportunizou uma padronização dos critérios e valores de avaliação.

Uma coisa é certa, nenhuma aplicação prática das técnicas de valoração ambiental será capaz de encontrar um único número que represente o valor de um ecossistema como um todo. Apesar das dificuldades e incertezas que envolvam a valoração dos serviços ecossistêmicos, não se pode deixar de fazê-las pois as decisões que tomamos como sociedade sobre o meio ambiente implicam em avaliações, mesmo que não necessariamente expressas em termos monetários ou tenham valor de mercado.

## REFERÊNCIAS

- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. **"The value of the world's ecosystem services and natural capital"**. Nature 387, p. 253-260, 1997.
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S.J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S. TURNER, R.K. **Changes in the global value of ecosystem services**. Global Environmental Change, 26: 152-158. 2014.
- DALY, H. E.; FARLEY, J. **"Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly"**. Great Britain: MPG Books Ltd., 2007.
- DE GROOT, R.; BRANDER, L.; VAN DER PLOEG, S.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; MCVITTIE, A.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L. C.; TEN BRINK, P.; VAN BEUKERING, P. **"Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units"**. Ecosystem Services Nº 1. Elsevier B.V., 2012.
- HADDAD, E.; SANTOS, C. L. dos. **Desapropriação de Áreas de Interesse Ambiental**. In Fernandes, E. Alfonsin, B. (coord.). Revisitando o instituto da desapropriação. Editora Fórum, 2009.
- IBAPE-SP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo). **Perícia Ambiental**. São Paulo: PINI, 2011.
- KUBISZEWSKI, I.; COSTANZA, R.; ANDERSON, S., SUTTON, P. **The future value of ecosystem services: Global scenarios and national implications**. Ecosystem Services, 2017.
- LAURILA-PANT, M.; LEHIKONEN, A.; UUSITALO, L.; VENESJÄRVI, R. **How to value biodiversity in environmental management?** Ecological Indicators, 55, p. 1–11, 2015.
- MARTINEZ-ALIER, J. **Ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. São Paulo: Contexto, 2007.
- MELLO, C. A. B. **Curso de direito administrativo**. São Paulo: Malheiros Editores Ltda., 2004.
- MELO E SOUZA, R. **Redes de monitoramento socioambiental e tramadas da sustentabilidade**. São Paulo: Annablume; Geoplan, 2007.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC, 2005.
- ODUM, E. P. GARY, W. BARRET. **Fundamentos da ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

REYERS, B.; BIDOGLIO, G.; O'FARRELL, P.; SCHUTYSER, F. **Measuring Biophysical Quantities and the Use of Indicators**. In: KUMAR, P. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economics Foundations*. Routledge, Abingdon and New York, 2012.

SANCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos textos, 2004.

TEEB FOUNDATIONS. **"The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economics foundations"**. Pushpam Kulmar (Ed.): Routledge, Abingdon and New York, 2010.

VAN BELLEN, H. M. **"Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa"**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

WELLS, S.; RAVILOUS, C.; CORCORAN, E. **"In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs"**. UNEP-WCMC: Cambridge, UK, 2006.