



INTEGRAÇÃO ECOLÓGICA NA VALORAÇÃO AMBIENTAL: PROPOSTA CONCEITUAL DO ATIVO ECOLÓGICO INTEGRADO (AEI)

ECOLOGICAL INTEGRATION IN ENVIRONMENTAL VALUATION: A CONCEPTUAL PROPOSAL OF THE INTEGRATED ECOLOGICAL ASSET (AEI)

INTEGRACIÓN ECOLÓGICA EN LA VALORACIÓN AMBIENTAL: PROPUESTA CONCEPTUAL DEL ACTIVO ECOLÓGICO INTEGRADO (AEI)

DOI: 10.5281/zenodo.19720261



*Victor Marcone Teixeira Dias da Silva¹
Luis Alberto Valotta²*

RESUMO

A valoração ambiental permanece fragmentada entre métricas de carbono, ativos biológicos produtivos, contabilização de capital natural e créditos de biodiversidade, limitando a capacidade dos instrumentos atuais de representar a complexidade ecológica. Este artigo analisou criticamente esses quatro eixos por meio de uma revisão integrativa, estruturada pela estratégia SALSA, com o objetivo de identificar convergências, lacunas e potenciais de integração conceitual. Os resultados evidenciam que tais instrumentos operam de forma isolada e não capturam simultaneamente carbono,

1 Mestrando em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido (Área de Concentração: Desenvolvimento e Sociedade, Linha de Pesquisa: Organizações e Sociedade) na Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) & Diretor da V. M. T. DIAS Consultoria, serviços e gestão empresarial. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6152-5853>. E-mail: vicmarcone@gmail.com

2 Professor do Magistério Superior da Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) & Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido (PPGDDeS/Univasf). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2624-9149>. E-mail: luis.valotta@univasf.edu.br

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.4 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista OWL Journal está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





biodiversidade, integridade ecológica, serviços ecossistêmicos e risco socioambiental. Com base nessa síntese, propõe-se o Ativo Ecológico Integrado (AEI), uma unidade multimétrica capaz de articular essas dimensões em um mesmo arranjo de valoração. Conclui-se que o AEI oferece uma estrutura promissora para alinhar políticas públicas, mercados ambientais e práticas corporativas a metas de conservação e desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Valoração Ambiental; Créditos de Carbono; Biodiversidade; Capital Natural; Integridade Ecológica.

ABSTRACT

Environmental valuation remains fragmented across carbon metrics, productive biological assets, natural capital accounting and emerging biodiversity credits, limiting the capacity of current instruments to represent ecological complexity. This article critically examines these four domains through an integrative literature review structured by the SALSA strategy, aiming to identify convergences, gaps and opportunities for conceptual integration. Findings show that existing instruments operate in isolation and fail to simultaneously capture carbon, biodiversity, ecosystem integrity, ecosystem services and socio-environmental risk. Based on this synthesis, the Integrated Ecological Asset (IEA) is proposed as a multimetrics unit capable of articulating these dimensions within a single valuation framework. The study concludes that the IEA offers a promising structure to align public policies, environmental markets and corporate disclosure practices with conservation targets and sustainable development agendas.

Keywords: Environmental Valuation; Carbon Credits; Biodiversity; Natural Capital; Ecological Integrity

RESUMEN

La valoración ambiental sigue fragmentada entre métricas de carbono, activos biológicos productivos, contabilidad de capital natural y créditos de biodiversidad, lo que limita la capacidad de los instrumentos actuales para representar la complejidad ecológica. Este artículo analiza críticamente estos cuatro ejes mediante una revisión integradora estructurada con la estrategia SALSA, con el objetivo de identificar convergencias, vacíos y potenciales de integración conceptual. Los resultados muestran que dichos instrumentos operan de manera aislada y no capturan simultáneamente carbono, biodiversidad, integridad ecológica, servicios ecossistémicos y riesgo socioambiental. A partir de esta síntesis, se propone el Activo Ecológico Integrado (AEI), una unidad multimétrica capaz de articular estas dimensiones en un único marco de valoración. Se concluye que el AEI ofrece una estructura prometedora para alinear políticas públicas, mercados ambientales y prácticas corporativas con metas de conservación y desarrollo sostenible.

Palabras-clave: Valoración Ambiental; Créditos De Carbono; Biodiversidad; Capital Natural; Integridad Ecológica





1. INTRODUÇÃO

A humanidade enfrenta dois desafios ambientais interdependentes: a intensificação das mudanças climáticas (IPCC, 2023) e a rápida perda de biodiversidade (IPBES, 2019). Ambos afetam a provisão de serviços ecossistêmicos, comprometem a resiliência dos sistemas naturais e geram impactos econômicos e sociais de ampla escala (UNEP, 2021). Entretanto, instrumentos de mercado e políticas ambientais continuam a tratar carbono e biodiversidade como domínios separados, o que limita a eficácia da conservação e da valoração ambiental (CBD, 2022; UNITED NATIONS, 2015).

O crédito de carbono, eixo central de estratégias de mitigação climática (WORLD BANK, 2023), possui arquitetura estritamente carbocêntrica, quantificando apenas reduções ou remoções de dióxido de carbono equivalente (ICVCM, 2023). Esse enfoque apresenta três fragilidades: (i) não incorpora biodiversidade, integridade ecológica ou riqueza ambiental (KOLLERT; LANDSBERG, 2021); (ii) favorece mecanismos que maximizam estoque de carbono, mas não necessariamente a conservação de ecossistemas complexos ou espécies ameaçadas (UNEP-WCMC, 2020); e (iii) pode estimular plantações homogêneas ou projetos com alto carbono e baixo valor ecológico adicional (SEYMOUR; HARRIS, 2019). Em consequência, persiste uma desconexão entre a valoração econômica dos créditos de carbono e o valor ecológico dos ecossistemas que sustentam esse carbono (KREMEN; MERENLENDER, 2018).

Paralelamente, a IAS 41 Agriculture define ativos biológicos como seres vivos controlados por entidades produtivas e mensurados predominantemente a valor justo (IASB, 2001). Embora adequado para atividades agropecuárias e florestais, esse arcabouço restringe-se a organismos individuais associados à produção econômica, de modo que ecossistemas naturais, biodiversidade e atributos de integridade ecológica não são contemplados. Essa limitação torna-se ainda mais evidente no contexto da COP30, realizada no Brasil, em que a comunidade internacional reforça a urgência de integrar clima e biodiversidade em mecanismos econômicos e financeiros (UNFCCC, 2023). Nesse cenário, emerge a





necessidade de um conceito ampliado de ativo - um ativo ecológico ou natural - capaz de refletir simultaneamente carbono, biodiversidade e riqueza ambiental.

Dessa conjugação de fatores decorre uma lacuna estrutural: não existe hoje um modelo conceitual consolidado que integre estoques e fluxos de carbono, biodiversidade, riqueza ecológica, ativos biológicos transformados e incentivos econômicos voltados à conservação. Tal fragmentação compromete a eficácia dos instrumentos de mercado e reduz o interesse empresarial em financiar iniciativas ambientais. Em contrapartida, o avanço de agendas internacionais, como o Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework e a Task Force on Nature-related Financial Disclosures (TNFD), reforça a demanda por instrumentos de valoração ambiental mais integrados e robustos.

Frente a esse cenário, o presente artigo sintetiza e analisa criticamente a literatura sobre créditos de carbono, ativos biológicos e biodiversidade, com o objetivo de propor um modelo conceitual de valoração ambiental integrada. Esse modelo busca superar o enfoque carbocêntrico, incorporando biodiversidade e riqueza ecológica como componentes essenciais do valor ambiental e fortalecendo os incentivos econômicos à conservação em contextos empresariais e de políticas públicas.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi conduzida como uma revisão integrativa de caráter analítico, fundamentada em Whittemore e Knafl (2005), Torraco (2005, 2016) e Snyder (2019). Esse tipo de revisão é adequado para integrar literatura multidisciplinar, identificar convergências e lacunas e propor novos modelos conceituais, como o Ativo Ecológico Integrado (AEI). A abordagem é interpretativa e construtivista, reconhecendo que os instrumentos de valoração ambiental são socialmente construídos e exigem articulação entre diferentes campos teóricos.

A revisão desenvolveu-se por meio de mapeamento de conceitos, comparação entre instrumentos, análise crítica e integração de evidências heterogêneas. O processo analítico seguiu a estratégia SALSA (Search, Appraisal, Synthesis, Analysis), adequada para revisões





integrativas por permitir a combinação de fontes científicas e institucionais de naturezas distintas.

A pergunta orientadora foi: *Como os principais instrumentos contemporâneos de valoração ambiental convergem ou divergem em suas bases conceituais e métricas, e de que forma podem ser integrados para fundamentar o Ativo Ecológico Integrado (AEI)?*

As buscas ocorreram entre novembro de 2024 e fevereiro de 2025, utilizando Google Scholar, SciELO, DOAJ, Semantic Scholar e portais institucionais (ONU, UNEP-WCMC, Banco Mundial, OCDE, IFRS Foundation, Capitals Coalition, IBGE). Foram incluídos documentos que abordassem instrumentos de valoração ambiental relacionados a carbono, biodiversidade, ativos biológicos ou capital natural, com contribuições conceituais, metodológicas ou críticas relevantes, disponíveis em português, inglês ou espanhol. Foram excluídos materiais com foco exclusivamente técnico-operacional ou sem relação direta com valoração ecológica.

Após a triagem, o corpus final foi composto por 30 documentos. As informações foram sistematizadas em uma matriz analítica. A análise seguiu três movimentos: categorização temática, integração analítica e síntese teórico-conceitual, que fundamentou a proposta do AEI. O rigor metodológico foi assegurado por triangulação de fontes, síntese estruturada via SALSA, rastreabilidade das decisões e consistência entre pergunta, corpus e análise. As limitações incluem a heterogeneidade epistemológica da literatura, ausência de padrões consolidados para créditos de biodiversidade e escassez de estudos empíricos integrando carbono, biodiversidade e capital natural.

3. RESULTADOS DA REVISÃO / REFERENCIAL TEÓRICO

A análise integrativa revelou quatro campos centrais da valoração ambiental contemporânea - créditos de carbono, ativos biológicos, capital natural e créditos de biodiversidade - os quais evoluíram de modo relativamente independente, produzindo avanços conceituais importantes, mas mantendo fragmentações que limitam sua coerência ecológica.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.4 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





3.1 Limitações estruturais dos créditos de carbono

Os créditos de carbono tornaram-se instrumentos centrais da mitigação climática, mas sua arquitetura permanece estritamente carbocêntrica, baseada na quantificação e comercialização de reduções ou remoções de tCO₂e (WORLD BANK, 2023). Essa unidimensionalidade gera três limites: (i) as metodologias de certificação não incorporam biodiversidade, integridade ecológica ou funcionamento sistêmico dos ecossistemas (RENEWICK et al., 2014); (ii) os incentivos econômicos tendem a favorecer monoculturas de rápido crescimento, com baixa complexidade ecológica (PHELPS; WEBB; AGRAWAL, 2010); (iii) ocorre uma desconexão entre valor de mercado e valor ecológico: áreas com o mesmo estoque de carbono geram créditos equivalentes, apesar de impactos ecológicos radicalmente distintos (KREMEN; MERENLENDER, 2018; OECD, 2025). Essa desconexão compromete a integridade dos mercados, ampliando riscos de *greenwashing*, dupla contagem e baixa adicionalidade ecológica (KIM et al., 2025; POLLINATION, 2023).

3.2 Limitações do conceito de ativo biológico

A IAS 41 define ativos biológicos como plantas ou animais vivos destinados à geração de benefícios econômicos (IASB, 2001). Esse enquadramento, embora adequado para atividades agropecuárias e florestais, apresenta limitações estruturais ao restringir o conceito de ativo biológico a organismos individuais e à lógica de geração de valor econômico. Dessa forma, a norma não contempla a complexidade de ecossistemas, biodiversidade e processos ecológicos mais amplos.

A mensuração a valor justo, central na IAS 41, privilegia fluxos monetizáveis associados à produção, mas não captura atributos ecológicos fundamentais, como diversidade biológica, integridade de habitat e resiliência dos sistemas naturais. Em contraste, abordagens de capital natural e contabilidade ecossistêmica consideram os ativos ambientais como





sistemas integrados, incorporando serviços ecossistêmicos, funções ecológicas e interdependências biofísicas (CAPITALS COALITION, 2021; UNITED NATIONS, 2021).

Essa divergência revela uma limitação conceitual relevante da IAS 41, uma vez que a norma não reconhece a natureza sistêmica dos ativos ambientais. Como consequência, a literatura aponta que os modelos contábeis tradicionais são insuficientes para representar adequadamente a biodiversidade e os limites ecológicos (BEBBINGTON et al., 2020; JONES; SOLOMON, 2013; GRAY, 2010).

Nesse contexto, emergem três implicações principais: (1) créditos de carbono não se enquadram como ativos biológicos; (2) a biodiversidade não pode ser reconhecida nos termos da norma; e (3) a estrutura conceitual da IAS 41 apresenta limitações frente às abordagens de capital natural, que operam em nível ecossistêmico e demandam a incorporação de valores não mercadizados e funções ecológicas.

3.3 Capital Natural e Contabilidade Ecossistêmica

O conceito de capital natural reconhece ecossistemas como ativos que fornecem fluxos contínuos de serviços essenciais (COSTANZA et al., 1997; WORLD BANK, 2018). O principal marco metodológico é o *System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting* (SEEA EA) (UNITED NATIONS, 2021), que mensura ecossistemas em termos físicos e monetários integrados, considerando atributos como extensão, condição ecológica e biodiversidade, bem como o valor dos serviços ecossistêmicos. Essa abordagem permite representar múltiplas funções ambientais simultaneamente, superando a lógica unidimensional do carbono e a visão produtivista da IAS 41.

Aplicações empíricas reforçam sua utilidade para decisões de política pública e planejamento territorial (MANDLE et al., 2025; MAECHLER; BOISVERT, 2023). Além disso, o capital natural incorpora riscos ecológicos e dependências ambientais nos processos de gestão e tomada de decisão (CAPITALS COALITION, 2021; LIU et al., 2025). Apesar de





sua robustez conceitual, o SEEA não constitui um ativo transacionável em mercados, o que limita sua capacidade de induzir investimentos diretos.

3.4 Créditos de Biodiversidade e Nature Credits

Créditos de biodiversidade surgem como resposta à necessidade de reconhecer ganhos ecológicos mensuráveis (WUNDER, 2025; OECD, 2025). Esses instrumentos utilizam indicadores como condição de habitat, integridade ecológica e riqueza de espécies, sendo impulsionados por agendas *nature-positive* e pelo *Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework* (CBD, 2022).

A literatura identifica cinco famílias de modelos (CROCI, 2025): baseados em área restaurada; focados em espécies; baseados na condição de habitat; baseados em integridade ecológica; e modelos híbridos. Apesar do potencial, persistem desafios relevantes, como a ausência de padronização global, os elevados custos de monitoramento, a incerteza quanto à adicionalidade e os riscos de mercantilização inadequada da biodiversidade (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023; POLLINATION GROUP, 2023).

Inovações como o *co-crediting*, que integram créditos de carbono e biodiversidade, indicam caminhos promissores para a construção de instrumentos mais robustos e ecologicamente consistentes (TEDERSOO et al., 2024).

3.5 Tendências emergentes de integração

A literatura aponta convergência rumo a modelos multidimensionais. Quatro movimentos se destacam: (1) *Co-crediting* - integração de carbono e biodiversidade; (2) PES+ - evolução de Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos para incluir múltiplos serviços (YANG, 2025); (3) SEEA aplicado a mercados - uso de métricas ecossistêmicas para orientar compensações (VARDON et al., 2025); (4) Arcabouços híbridos - natureza como ativo, integrando métricas ecológicas, climáticas e econômicas (CAPITALS COALITION, 2021;





LIU et al., 2025). Essas tendências indicam que o futuro da valoração ambiental depende de instrumentos capazes de unir, em uma única estrutura, carbono, biodiversidade e serviços ecossistêmicos.

4. PROPOSIÇÃO CONCEITUAL: ATIVO ECOLÓGICO INTEGRADO (AEI)

A revisão evidencia que os instrumentos atuais operam de forma fragmentada, capturando apenas dimensões parciais do valor ecológico. Diante dessa lacuna, propõe-se o Ativo Ecológico Integrado (AEI), concebido como uma unidade de valor ambiental integrada, mensurável e comparável, aplicável em mercados voluntários, relatórios corporativos (TNFD, CSRD) e políticas públicas.

O AEI é estruturado como uma métrica multidimensional que integra simultaneamente dimensões climáticas, ecológicas e socioambientais, em consonância com abordagens de capital natural e contabilidade ecossistêmica.

4.1 Definição e fundamentação

O AEI é definido como uma unidade integrada de valor ambiental, composta pela combinação mensurável, normalizada e simultânea de cinco dimensões ecológicas fundamentais, ajustada por riscos socioambientais. Sua concepção opera em três níveis: como métrica de desempenho ecológico para *disclosure* corporativo e políticas públicas; como unidade de conta em sistemas de pagamento por serviços ecossistêmicos (PES+); e como unidade potencialmente elegível para estruturas de mercado ambiental (carbono-biodiversidade-serviços).

Diferentemente dos instrumentos isolados, o AEI opera de forma multidimensional, integrando as seguintes métricas fundamentais:





- C (Clima): métrica climática (sequestro e estoque de carbono);
- B (Biodiversidade): métrica de biodiversidade (riqueza, composição, funcionalidade);
- E (Integridade): índice de integridade ecológica (condição, conectividade, resiliência);
- S (Serviços): métrica de serviços ecossistêmicos adicionais (regulação, suporte, culturais);
- R (Risco): métrica composta de risco ecológico, climático e socioambiental.

A Figura 1 sintetiza visualmente a proposta ao representar o Ativo Ecológico Integrado (AEI) como um sistema estruturado em múltiplas camadas interdependentes. No núcleo, encontram-se os principais pilares da valoração ambiental contemporânea - Créditos de Carbono, Ativos Biológicos, Capital Natural e Créditos de Biodiversidade - organizados de forma integrada, evidenciando sua complementaridade funcional.

Em torno desse núcleo, o modelo se desdobra em suas cinco métricas constitutivas (C, B, E, S, R), que representam dimensões ecológicas inter-relacionadas. Essa configuração circular reflete a natureza sistêmica dos ecossistemas, na qual não há hierarquia linear entre os componentes, mas sim relações de interdependência e retroalimentação.

Uma camada externa conecta o sistema ecológico aos domínios de aplicação - mercado ambiental, mecanismos de compensação, políticas públicas e governança, setor corporativo/contabilidade e finanças sustentáveis - responsáveis por traduzir o desempenho ecológico em valor econômico e institucional. Dessa forma, o AEI configura-se como uma ponte entre a complexidade ecológica e os instrumentos de decisão econômica.



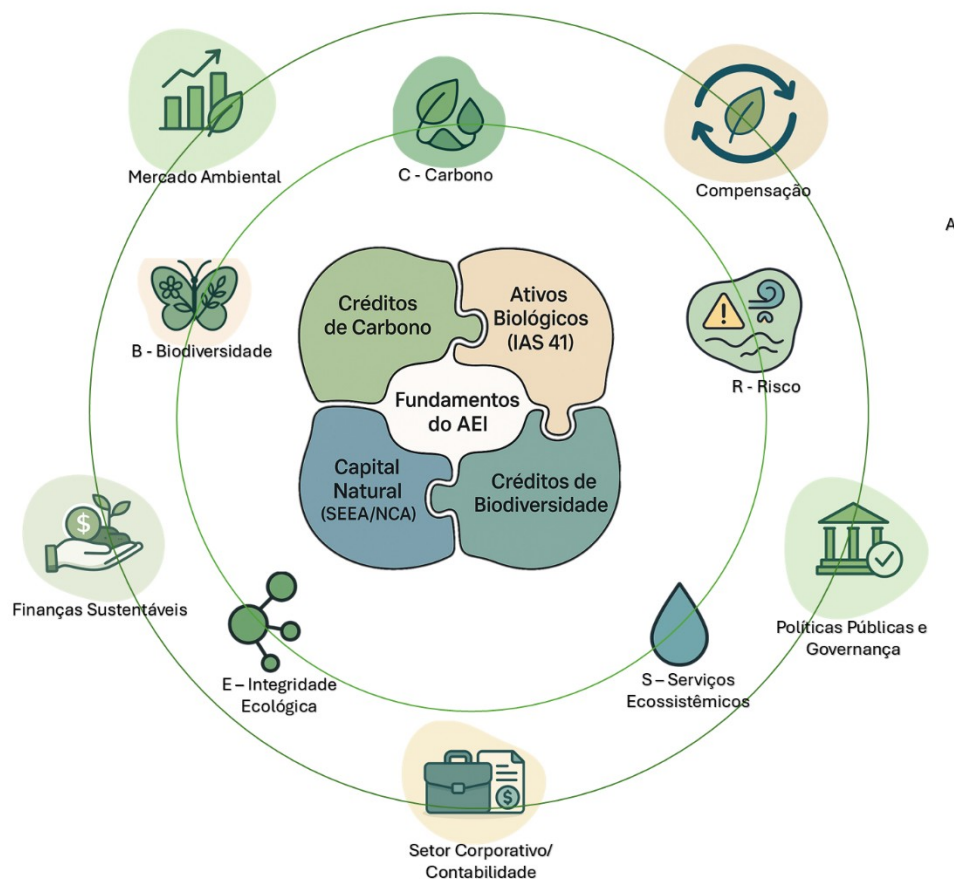


Figura 1 – Estrutura conceitual dinâmica e aplicações do Ativo Ecológico Integrado (AEI).
Fonte: elaboração própria.

Texto alternativo da Figura 1: Diagrama circular representando a estrutura conceitual dinâmica do Ativo Ecológico Integrado (AEI). No anel externo, os quatro instrumentos fundamentais da valoração ambiental (Créditos de Carbono, Ativos Biológicos, Capital Natural, Créditos de Biodiversidade) se articulam com o núcleo central intitulado "Fundamentos do AEI". Circundando este núcleo, em um anel intermediário, estão as cinco métricas do AEI: C (Clima), B (Biodiversidade), E (Integridade Ecológica), S (Serviços Ecossistêmicos) e R (Risco), dispostas de forma inter-relacionada. No centro do diagrama,



dentro do núcleo, destaca-se a fórmula conceitual do AEI. Linhas associam cada métrica a um ou mais domínios de aplicação no anel mais externo: Mercado Ambiental (C), Finanças Sustentáveis (B, E), Setor Corporativo/Contabilidade (S) e Compensação & Políticas Públicas (R). O diagrama visualiza a integração dos instrumentos fragmentados em uma estrutura coesa e operacional.

4.2 Estrutura operacional e vinculação a protocolos

A operacionalização do AEI ancora cada métrica em protocolos reconhecidos:

- C (Clima): Baseia-se em padrões como VCS e Gold Standard, seguindo diretrizes do IPCC.
- B (Biodiversidade): Índice composto integrando riqueza de espécies (ex.: Living Planet Index), integridade funcional e estado de conservação (usando IUCN Red List e Livro Vermelho do ICMBio). Espécies mais ameaçadas recebem pesos maiores.
- E (Integridade): Adota indicadores do SEEA-EA (condição, conectividade, resiliência).
- S (Serviços): Utiliza ferramentas como InVEST e Co\$ting Nature para valoração física e, quando apropriado, monetária.
- R (Risco): Índice composto que incorpora riscos ecológicos, climáticos (baseado em projeções IPCC), socioambientais (conflitos, pressão de desmatamento) e regulatórios, com base no framework TNFD. A métrica R varia entre 0 (risco insignificante) e 1 (risco extremo).

4.3 Forma conceitual e operacional

A formulação do AEI parte de uma representação conceitual inicial, na qual o valor ambiental é entendido como função das dimensões ecológicas fundamentais, expressa genericamente como:





$$AEI = f(C, B, E, S)$$

Essa forma funcional indica que o valor ecológico resulta da interação entre múltiplas dimensões biofísicas. Para fins operacionais e mensuráveis, essa função é explicitada como uma agregação ponderada das métricas, ajustada por um fator de risco:

$$AEI = [w_C \cdot C + w_B \cdot B + w_E \cdot E + w_S \cdot S] \cdot (1 - R)$$

A formulação é composta por dois componentes principais: (i) a agregação ponderada das dimensões ecológicas, que expressa o valor ecológico potencial do sistema; e (ii) o ajuste por risco, que reduz o valor final em função da exposição a processos de degradação, instabilidade ou perda. No primeiro componente, cada dimensão ecológica é representada por um indicador normalizado:

- C representa a métrica climática, associada ao sequestro e estoque de carbono;
- B representa a métrica de biodiversidade, incluindo riqueza de espécies, integridade funcional e vulnerabilidade ecológica;
- E representa a integridade ecológica do ecossistema, considerando condição, conectividade e resiliência;
- S representa os serviços ecossistêmicos, incluindo funções de regulação, suporte e valores culturais.

Essas métricas são previamente normalizadas em uma escala adimensional (por exemplo, entre 0 e 1), de modo a permitir comparabilidade e agregação.

Coeficientes de ponderação (w)

Os coeficientes de ponderação (w_C , w_B , w_E , w_S) representam a importância relativa de cada dimensão ecológica na composição do valor total do AEI. A multiplicação de cada peso pela respectiva métrica (por exemplo, $w_C \cdot C$) indica a contribuição proporcional dessa dimensão para o valor ecológico agregado potencial.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.4 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





Em termos matemáticos, essa estrutura corresponde a uma média ponderada, na qual cada dimensão influencia o resultado final de acordo com sua relevância relativa. Os pesos são definidos de forma que:

$$w_C + w_B + w_E + w_S = 1$$

garantindo que o valor agregado permaneça proporcional e comparável entre diferentes aplicações.

A definição dos pesos não é fixa, devendo ser realizada de forma contextualizada, considerando características ecológicas, prioridades de conservação, políticas públicas e critérios técnicos. Por exemplo, áreas com alta biodiversidade ou presença de espécies ameaçadas podem atribuir maior peso à dimensão B, enquanto políticas climáticas podem priorizar a dimensão C.

Para ilustrar, considerando valores hipotéticos em que $C = 0,8$; $B = 0,6$; $E = 0,7$; $S = 0,5$ e pesos iguais ($w_C = w_B = w_E = w_S = 0,25$), a agregação ponderada resulta em:

$$(0,25 \times 0,8) + (0,25 \times 0,6) + (0,25 \times 0,7) + (0,25 \times 0,5) = 0,65$$

Nesse caso, o valor 0,65 representa o desempenho ecológico agregado do sistema antes do ajuste por risco.

Fator de risco (R)

O segundo componente da fórmula corresponde ao fator de ajuste por risco:

- R representa um índice composto de risco ($0 \leq R < 1$), que incorpora riscos ecológicos, climáticos, socioambientais e regulatórios capazes de afetar a estabilidade, permanência e integridade do ativo ecológico.

O termo $(1 - R)$ atua como um fator redutor do valor ecológico agregado, refletindo o princípio de que ativos expostos a maiores riscos possuem menor valor efetivo, mesmo



quando apresentam bom desempenho ecológico. Por exemplo, se $R = 0,3$, o valor final do AEI será reduzido em 30%, resultando em $AEI = 0,65 \times 0,7 = 0,455$.

Assim, o AEI pode ser interpretado como um valor ecológico potencial, derivado da combinação das dimensões biofísicas, ajustado pela exposição a riscos que podem comprometer sua continuidade ou integridade.

O processo operacional envolve: (1) a mensuração e normalização das métricas C, B, E e S; (2) a definição contextual dos pesos com base em critérios ecológicos, científicos e institucionais; (3) a construção do índice de risco a partir de subindicadores; e (4) a aplicação da função para obtenção do valor final do AEI.

A operacionalização empírica do AEI depende do desenvolvimento de métricas específicas para cada uma de suas dimensões (C, B, E, S, R), etapa que constitui um desdobramento natural da presente proposta conceitual. A definição desses indicadores, bem como seus métodos de normalização, validação e eventual aprimoramento, representa uma agenda de pesquisa futura necessária para a aplicação prática, comparabilidade e evolução do modelo.

4.4 Governança, verificação e aplicações

A credibilidade do AEI depende de um sistema robusto de governança envolvendo: (i) protocolo de verificação multidimensional; (ii) MRV combinando sensoriamento remoto, amostragem de campo e ciência cidadã; (iii) auditoria por terceira parte independente; (iv) registro público transparente para garantir rastreabilidade e prevenir dupla contagem.

Suas aplicações práticas são amplas: pode ser a unidade básica em mercados ambientais híbridos; servir como *covenant* em títulos de sustentabilidade (SLBs); ser reportado por empresas em *disclosures* TNFD/CSRD; ser utilizado como métrica em sistemas de compensação ambiental "like-for-like-or-better"; e adotado como unidade de pagamento em programas governamentais de PSA.





4.5 Limitações do AEI

Apesar de seu potencial integrador, o Ativo Ecológico Integrado (AEI) apresenta limitações relevantes que devem ser reconhecidas para evitar interpretações simplificadas e orientar seu desenvolvimento futuro.

Do ponto de vista conceitual, o AEI baseia-se na agregação de dimensões ecológicas intrinsecamente heterogêneas. A redução de componentes como biodiversidade, integridade ecológica e serviços ecossistêmicos a um índice único implica simplificação de sistemas complexos, podendo ocultar não linearidades, limiares ecológicos e interdependências críticas entre processos biofísicos. Além disso, a definição dos coeficientes de ponderação (w) envolve inevitável grau de arbitrariedade, ainda que fundamentado em critérios técnicos, científicos e institucionais.

No plano metodológico, a operacionalização do modelo enfrenta desafios associados à heterogeneidade de indicadores, à disponibilidade e qualidade de dados e ao elevado custo de monitoramento, especialmente em contextos tropicais e regiões com baixa infraestrutura de informação. A normalização de métricas distintas em uma escala comum também pode introduzir distorções, dependendo das escolhas metodológicas adotadas.

Sob a perspectiva ecológica, o AEI é sensível ao contexto espacial e temporal, podendo apresentar variações significativas entre diferentes ecossistemas, escalas e condições ambientais. Adicionalmente, há risco de efeitos indiretos (*spillovers*), nos quais melhorias em uma área podem ser compensadas por degradação em outras, dificultando a avaliação líquida do valor ecológico.

No componente de risco (R), embora o modelo incorpore fatores relevantes como instabilidade ecológica, pressões antrópicas e incertezas climáticas, a construção de um índice composto envolve desafios de mensuração, agregação e validação empírica. A definição inadequada desse componente pode levar à sub ou superestimação do valor do ativo ecológico.





Do ponto de vista socioambiental, o modelo ainda apresenta limitações na incorporação de valores culturais, conhecimentos tradicionais e dimensões não mensuráveis da relação sociedade-natureza. Além disso, a aplicação do AEI em contextos de mercado pode reproduzir assimetrias de poder, especialmente em territórios de comunidades locais e povos indígenas, exigindo mecanismos robustos de governança e salvaguardas sociais.

Por fim, no âmbito econômico e de mercado, o AEI enfrenta desafios relacionados à padronização, risco de dupla contagem, definição de adicionalidade e volatilidade de preços, particularmente em mercados ambientais emergentes. Sua utilização como unidade de valor depende da construção de sistemas institucionais confiáveis, incluindo verificação, certificação e transparência.

Diante dessas limitações, a consolidação do AEI requer uma agenda de pesquisa voltada ao desenvolvimento de métricas operacionais, testes empíricos em diferentes contextos ecológicos, aprimoramento de metodologias de ponderação, validação do componente de risco e integração com *frameworks* internacionais de contabilidade ambiental e finanças sustentáveis.

5. DISCUSSÃO

A revisão demonstrou que a valoração ambiental permanece fragmentada, com instrumentos que capturam apenas dimensões parciais do valor ecológico, produzindo assimetrias que impedem a convergência entre políticas climáticas, conservação da biodiversidade e mecanismos econômicos. O AEI emerge como resposta a essa lacuna, estruturando uma unidade multimétrica que integra carbono, biodiversidade, integridade ecológica, serviços ecossistêmicos e risco. Dialoga com tendências internacionais rumo a instrumentos híbridos baseados em integridade ecológica, como *co-crediting*, PES+, *natural capital accounting* e frameworks corporativos (TNFD, CSRD). Ao funcionar como ponte entre ciência ecológica, economia ambiental e contabilidade, o AEI contribui para reduzir a desconexão estrutural entre métricas biofísicas e sinais econômicos, representando um avanço





conceitual na integração entre métricas biofísicas e instrumentos econômicos para aproximar decisões econômicas da complexidade dos ecossistemas.

6. CONCLUSÕES

A integração das dimensões da valoração ambiental mostra-se necessária para superar a fragmentação atual. O Ativo Ecológico Integrado (AEI) foi proposto como resposta conceitual a essa lacuna, ao articular em uma única unidade de valoração os componentes essenciais do funcionamento ecológico: carbono (C), biodiversidade (B), integridade ecológica (E), serviços ecossistêmicos (S) e risco (R). Essa estrutura multimétrica permite alinhar incentivos de conservação, fortalecer mecanismos de governança e apoiar práticas corporativas de *disclosure*, consolidando um arranjo conceitual compatível com agendas internacionais de clima e biodiversidade.

A operacionalização do AEI, contudo, requer desenvolvimento metodológico adicional, incluindo a padronização de métricas, a calibração de pesos por ecossistemas e fitofisionomias, o aprimoramento de indicadores de integridade ecológica, a mensuração de serviços ecossistêmicos e a validação de modelos de risco. Tais desafios configuram uma agenda de pesquisa necessária para transformar o AEI em instrumento aplicável, verificável e potencialmente transacionável, capaz de orientar investimentos que promovam benefícios ecológicos e sociais de longo prazo.

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). *Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção*. Brasília: MMA/ICMBio, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-brasileira/portarias-fauna-ameacada>. Acesso em: 26 nov. 2025.





BEBBINGTON, Jan; ÖSTERBLOM, Henrik; CRUTZEN, Paul et al. *Accounting and sustainable development: reflections and propositions*. Accounting, Auditing & Accountability Journal, v. 33, n. 7, 2020.

CAMPOS-LLERENA, P. et al. Biological assets in agricultural accounting: a systematic review of the application of IAS 41. *Journal of Risk and Financial Management*, v. 18, n. 7, art. 380, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm18070380>.

CAPITALS COALITION. *Natural Capital Protocol*. London: Capitals Coalition, 2021. Disponível em: <https://capitalscoalition.org/capitals-approach/natural-capital-protocol/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

CBD (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY). *Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework*. Montréal: CBD Secretariat, 2022. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbf/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS (CPC). *CPC 29 – Ativo Biológico e Produto Agrícola*. Brasília: CPC, 2009. Disponível em: http://static.cpc.aatb.com.br/Documentos/324_CPC_29_rev%2013.pdf. Acesso em: 13 abr. 2026.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1038/387253a0>.

CROCI, E. Biodiversity credits schemes: a comparative analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 523, p. 146382, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146382>.

GRAY, R. *Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability... and how would we know?*. Accounting, Organizations and Society, v. 35, n. 1, 2010.

HLAVÁČKOVÁ, P. Forest as a biological asset: an accounting and tax perspective in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, v. 71, n. 7, p. 279-286, 2025. DOI: <https://doi.org/10.17221/31/2025-JFS>.

INTERNATIONAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD (IASB). *IAS 41: Agriculture*. London: IFRS Foundation, 2021. Disponível em:





<https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards/english/2021/issued/part-a/ias-41-agriculture.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2026.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília: ICMBio/MMA, 2018. Disponível em:

<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018>. Acesso em: 26 nov. 2025.

INTEGRITY COUNCIL FOR THE VOLUNTARY CARBON MARKET (ICVCM). *Core Carbon Principles and Assessment Framework*. London: ICVCM, 2023. Disponível em: <https://icvcm.org/core-carbon-principles/>. Acesso em: 15 out. 2025.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2023-3. Gland: IUCN, 2023. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 26 nov. 2025.

IPBES. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services: Summary for Policymakers*. Bonn: IPBES, 2019. Disponível em: <https://ipbes.net/global-assessment>. Acesso em: 15 out. 2025.

IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>. Acesso em: 15 out. 2025.

IPCC. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>. Acesso em: 15 out. 2025.

IPCC. *Sixth Assessment Report: Synthesis Report*. Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 15 out. 2025.

JONES, M.; SOLOMON, J. *Problematising accounting for biodiversity*. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, v. 26, n. 5, 2013.





KIM, E.-H. et al. Towards high-integrity biodiversity credits: balancing commensurability, ecological complexity and governance. *Proceedings of the Royal Society B*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2025.0990>.

KOLLERT, W.; LANDSBERG, J. Carbon markets, forest plantations and biodiversity: challenges and opportunities. *Forest Policy and Economics*, v. 131, p. 102122, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102122>.

KREMEN, C.; MERENLENDER, A. M. Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, v. 362, n. 6412, eaau6020, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>.

LIU, J. et al. Integrating ecological risk into corporate natural capital accounting. *Ecological Economics*, v. 215, p. 107998, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.107998>.

MAECHLER, E.; BOISVERT, V. Performing nature's valuation: the art of natural capital accounting. *Ecological Economics*, v. 212, p. 107929, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107929>.

MANDLE, L. et al. Natural capital accounting reveals ecosystems' role in water and energy security in Colombia's Sinú Basin. *Communications Earth & Environment*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02254-9>.

NARDI, P. C. C.; SILVA, R. L. M. IAS 41 and biological assets in Brazil: is the information really useful? *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, v. 22, e3365, 2023. DOI: <https://doi.org/10.16930/2237-7662/rcce.v22e3365>.

NATURAL CAPITAL PROJECT. *Natural Capital: Valuing Nature in Policy and Finance*. Stanford: Stanford University, 2024. Disponível em: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

OECD. *Scaling up biodiversity-positive incentives: delivering on target 18 of the global biodiversity framework*. Paris: OECD Publishing, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1787/19b859ce-en>.

PHELPS, J.; WEBB, E. L.; AGRAWAL, A. Does REDD+ threaten to recentralize forest governance? *Science*, v. 328, n. 5976, p. 312-313, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1187774>.





POLLINATION GROUP. *State of voluntary biodiversity credit markets: a global review of biodiversity credit schemes*. 2023. Disponível em: <https://pollinationgroup.com/insights/state-of-voluntary-biodiversity-credit-markets-2023>. Acesso em: 25 nov. 2025.

RENEWICK, A. R. et al. Biodiverse planting for carbon and biodiversity on indigenous land. *PLoS ONE*, v. 9, n. 3, e91281, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091281>.

SEYMOUR, F.; HARRIS, N. L. Reducing tropical deforestation. *Science*, v. 365, n. 6455, p. 756-757, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aax8546>.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 104, p. 333-339, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.

TEDERSOO, L. et al. Towards a co-crediting system for carbon and biodiversity. *Plants, People, Planet*, v. 6, n. 1, p. 18-28, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppp3.10405>.

TORRACO, R. J. Writing integrative literature reviews: guidelines for synthesis. *Human Resource Development Review*, v. 4, n. 3, p. 356-367, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1177/1534484305278283>.

TORRACO, R. J. Writing integrative literature reviews: using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, v. 15, n. 4, p. 404-428, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>.

UNEP-WCMC. *Carbon and biodiversity: key relationships*. Cambridge: UNEP-WCMC, 2020. Disponível em: <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/carbon-and-biodiversity>. Acesso em: 25 nov. 2025.

UNITED NATIONS. *System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. New York: United Nations, 2021. Disponível em: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>. Acesso em: 13 abr. 2026.

UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 26 nov. 2025.





UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Making peace with nature: a scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. Nairobi: UNEP, 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>. Acesso em: 25 nov. 2025.

UNFCCC. *Synthesis report of the first global stocktake*. Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/631600>. Acesso em: 13 abr. 2026.

VARDON, M. et al. Using natural capital accounting for biodiversity offset policy: a case study from the Australian Capital Territory. *Environmental and Sustainability Indicators*, v. 25, p. 100687, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100687>.

WAUCHOPE, H. S. et al. What is a unit of nature? Measurement challenges in the emerging biodiversity credit market. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 291, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2024.2353>.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>.

WORLD BANK. *State and trends of carbon pricing 2023*. Washington, DC: World Bank, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1596/39796>.

WORLD BANK; UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION (UNSD). *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. Washington, DC: World Bank, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1046-6>.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Biodiversity credits: demand analysis and market outlook*. Genebra: WEF, 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/biodiversity-credits-demand-analysis-and-market-outlook/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

WUNDER, S. et al. Biodiversity credits: an overview of the current state, future opportunities, and potential pitfalls. *Business Strategy and the Environment*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.70018>.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634



YANG, E. W. *From carbon credits to an expanded payment for ecosystem services scheme: a case study of the Valuta voor Veen Project in the Netherlands*. Wageningen: Wageningen University, 2025. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/689949>. Acesso em: 25 nov. 2025.

Recebido em: 14/04/2026

Aprovado em: 18/04/2026

Publicado em: 24/04/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.4 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

