



ATRIBUTOS FUNCIONALES EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN BOSQUES TROPICALES: ESTRATEGIAS Y PERSPECTIVAS

ARTÍCULO DE REVISIÓN

REIS, Bianca Nunes dos¹, NASCIMENTO, Marcelo Trindade²

REIS, Bianca Nunes dos. NASCIMENTO, Marcelo Trindade. **Atributos funcionales en la restauración ecológica en bosques tropicales: estrategias y perspectivas.**

Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Año 09, Ed. 02, Vol. 01, pp. 153-175. Febrero de 2024. ISSN: 2448-0959, Enlace de acceso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologia-es/restauracion-ecologica-en-bosques>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologia-es/restauracion-ecologica-en-bosques

RESUMEN

Las selvas tropicales poseen una gran biodiversidad, pero están enfrentando una intensa fragmentación y aislamiento debido a la deforestación. La conservación de estas selvas requiere la reducción de la deforestación, acciones de restauración de áreas degradadas y la expansión de áreas protegidas. Las áreas en restauración, por lo general, son ambientes que presentan diferentes historiales de degradación, baja disponibilidad de nutrientes y alta variabilidad ambiental. En este sentido, el uso de grupos funcionales se ha utilizado para evaluar la trayectoria sucesional de selvas secundarias. El presente trabajo realizó una revisión basada en la literatura empírica y teórica disponible en las bases indexadoras Scopus® y Web of Science® en los últimos 10 años (2012-2022) dentro de la temática "atributos funcionales en la restauración ecológica". En total, se encontraron 1.941 publicaciones. Evaluamos y discutimos la literatura encontrada a través de un enfoque teórico del contenido de los artículos. Nuestra investigación evidenció que las características funcionales en áreas de restauración están asociadas a múltiples funciones de los servicios ecosistémicos, abarcando los servicios de soporte, provisionamiento, regulación, apoyo y cultural. Identificamos estudios que enfatizan la importancia de considerar los atributos funcionales (atributo respuesta y atributos efecto) al elegir las especies para su uso en proyectos de restauración. Sin embargo, el enfoque funcional en proyectos de restauración, aunque ha crecido en los últimos años, aún es incipiente. Ante los desafíos propuestos por la década de la restauración, se hace necesaria la comprensión de las relaciones entre atributos funcionales y restauración ecológica en selvas tropicales para cubrir las lagunas existentes. También destacamos la importancia de la divulgación y disponibilidad de información local sobre atributos funcionales en repositorios de datos con miras a mejorar el acceso a esta información.



Palabras clave: Revisión, Década de la Restauración, Componente Arbóreo, Atributos Funcionales, Servicios Ecosistémicos.

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica se define como "el proceso de asistir al establecimiento y recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, perturbado o destruido (SER, 2004). Los atributos clave del ecosistema para los aspectos de restauración ecológica están relacionados con la composición de especies, diversidad estructural, funcionalidad del ecosistema, ausencia de amenazas, condiciones físicas e intercambios externos (McDonald *et al.*, 2016). En este sentido, buscando la organización de los proyectos de restauración, se establecieron los principios para la práctica de la restauración ecológica (Estándares Internacionales y Principios para la Práctica de la Restauración Ecológica) en los que se establecen directrices para la realización de actividades de restauración de ecosistemas (Gann *et al.*, 2019; Moraes *et al.*, 2019).

A nivel global, las selvas tropicales poseen una gran biodiversidad distribuida en áreas, en general, bien fragmentadas y aisladas (Brancalion *et al.*, 2019; Brinck *et al.*, 2017). El aislamiento y la pérdida de bosques debido a la deforestación en los trópicos han reducido el área en 12,2 millones de hectáreas de cobertura arbórea en 2020, con la pérdida de 4,2 millones de hectáreas de bosque primario tropical húmedo (GFW, 2022a; 2022b). Por lo tanto, son necesarias acciones para conservar los bosques tropicales remanentes para evitar eventos de extinción masiva en las próximas décadas (Chazdon & Brancalion, 2019). La conservación de áreas de bosques tropicales implica restricciones en la destrucción de los remanentes forestales, restauración de áreas degradadas y acciones de expansión de áreas protegidas.

En este sentido, la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992 estableció directrices para la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de la biodiversidad y la distribución justa y equitativa de los beneficios de los recursos genéticos (MMA, 2000). Se establecieron 20 Metas de Aichi para la conservación de la biodiversidad, entre las que se incluye



la creación y mantenimiento de áreas protegidas de al menos el 17% de la superficie terrestre, incluidas las aguas territoriales, las áreas marinas y costeras (CDB, 2023). Una de las estrategias propuestas es evaluar el nivel actual de degradación de las ecorregiones (Olson & Dinerstein, 2002) y buscar equilibrar los resultados a través de la relación costo-beneficio de los proyectos de restauración en lugares con pocas áreas protegidas. El panorama actual muestra que las ecorregiones con mayores deficiencias son las selvas tropicales y templadas, regiones que tienen tierras altamente antropizadas (Mappin *et al.*, 2019). Ante este panorama, debemos proponer iniciativas para mitigar el mal uso de la tierra y los impactos antropogénicos mediante el uso de proyectos de restauración ecológica para revertir una matriz de paisaje agrícola o de pastizales (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2013).

Desde una perspectiva global sobre el tema de la restauración, podemos enumerar iniciativas internacionales para recuperar bosques y paisajes. Una de estas iniciativas es el compromiso global de la Bonn Challenge (Dave *et al.*, 2019), que estableció metas para restaurar 150 millones de hectáreas de paisajes degradados y deforestados para 2020 y 350 millones de hectáreas restauradas para 2030, propuesto en la Declaración de Nueva York (Suding *et al.*, 2015). En línea con estos esfuerzos, la ONU estableció la Década de la Restauración de Ecosistemas en el Mundo (2021-2030) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (UNEP, 2019). En 2016, Brasil asumió el compromiso de restaurar 13 millones de hectáreas para 2030, de las cuales 1 millón fue asumido a través de una asociación con el Pacto por la Restauración de la Mata Atlántica (Bonn Challenge *et al.*, 2020). Actualmente, la restauración ecológica enfrenta algunos problemas en el desarrollo de la composición forestal, como la limitación de la dispersión (Holl, 1999), el reclutamiento (Palma *et al.*, 2020), la baja diversidad beta taxonómica y funcional (Rother *et al.*, 2019). Surgieron nuevos desafíos cuando el enfoque se centró en aspectos de las características de las especies, uno de los cuales está relacionado con el hecho de que la siembra de árboles, aunque de diferentes especies, pero con las mismas características funcionales, puede interferir en la trayectoria sucesional y,



en consecuencia, homogeneizar el paisaje (Manhães *et al.*, 2022; Brancalion & Holl 2016; Palma & Laurance 2015).

Los enfoques basados en atributos funcionales son alternativas para conectar los aspectos de funcionamiento de los organismos de forma individual con la estructura y dinámica de la comunidad (Zakharova; Meyer; Seifan, 2019), que pueden describirse por características fisiológicas, morfológicas o historias de vida (Violle *et al.*, 2007). La composición funcional de las especies puede afectar algunos parámetros de la comunidad, como la descomposición, la fertilidad del suelo, el incremento de la biomasa, la densidad de la madera, el establecimiento y la supervivencia de las plántulas en proyectos de restauración (Rosenfield, 2017; Dias, 2014; Martínez-Garza; Bongers; Poorter, 2013).

La utilización de los atributos funcionales de las especies en proyectos de restauración es fundamental para proporcionar información crucial sobre los factores que promueven o limitan la eficacia de la restauración de los ecosistemas forestales. Este análisis permite identificar con mayor precisión los elementos responsables del éxito en el proceso de restauración. Teniendo en cuenta todos los aspectos aquí presentados en relación con los grandes desafíos de la década de la restauración, podemos afirmar que es necesario comprender las respuestas de las especies en diferentes condiciones de áreas degradadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de revisión se realizó mediante una investigación bibliográfica de artículos publicados en revistas científicas indexadas en las bases de datos Scopus® y *Web of Science*®.

La primera etapa consistió en la selección del tema "Atributos funcionales en áreas de restauración en bosques tropicales" y la delimitación del período temporal de 10 años (2012-2022). La segunda etapa fue la búsqueda de artículos en las bases bibliográficas a través de los términos (*restor* OR reflorest* OR recover OR regenerate OR revegetation OR recovery OR repair OR reconstruction*) y (*"function* trait"* OR



"application *trait*" OR "strategy*trait" y "attribute") y ("Tropic*" AND "Forest*") y ("Tree*"). La tercera etapa consistió en la exclusión de artículos duplicados en la base de datos con la ayuda de la aplicación Rayyan (Ouzzani *et al.*, 2016) y la cuarta etapa fue la selección de los artículos que cumplieran con los criterios de Restauración, Atributos funcionales, Bosques Tropicales como temas centrales en el artículo.

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Este trabajo de revisión se llevó a cabo mediante una investigación bibliográfica de artículos publicados en revistas científicas indexadas en las bases de datos Scopus® y Web of Science®.

La primera etapa consistió en la selección del tema "Atributos funcionales en áreas de restauración en bosques tropicales" y la delimitación del período temporal de 10 años (2012-2022). La segunda etapa fue la búsqueda de artículos en las bases bibliográficas a través de los términos (restor* OR reflorest* OR recover OR regenerate OR revegetation OR recovery OR repair OR reconstruction) y ("function* trait*" OR "application *trait*" OR "strategy*trait" y "attribute") y ("Tropic*" AND "Forest*") y ("Tree*"). La tercera etapa consistió en la exclusión de artículos duplicados en la base de datos con la ayuda de la aplicación Rayyan (Ouzzani *et al.*, 2016) y la cuarta etapa fue la selección de los artículos que cumplieran con los criterios de Restauración, Atributos funcionales, Bosques Tropicales como temas centrales en el artículo.

El levantamiento realizado en esta investigación obtuvo un total de 1941 publicaciones para el período de 2012-2022 que cumplieran con los criterios establecidos en la búsqueda. Identificamos en la literatura que el enfoque del tema en los artículos era pequeño (< 20 publicaciones/año) en la década de 1990. Sin embargo, después del establecimiento de los conceptos de características funcionales (Violle *et al.*, 2007), hubo un avance en la temática de restauración con un aumento (> 100 publicaciones/año) en el número de artículos de investigación que abordan el uso de atributos funcionales en restauración en las últimas décadas, estos datos son evidentes en revisiones recientes (Loureiro *et al.*, 2023; Carlucci *et al.*, 2020; Caruso; Mason; Medeiros, 2020).



La utilización de atributos funcionales en restauración permite organizar las especies o individuos en grupos con funciones o respuestas similares. Podemos clasificar los atributos de acuerdo con sus características, que pueden ser denominados atributos respuesta y atributos efecto (Lavorel & Garnier 2002). Los **atributos respuesta** determinan cómo reacciona una especie a una perturbación o cambio en los procesos abióticos o bióticos en su ambiente (Lavorel *et al.*, 1997; Lavorel & Garnier, 2002) y los **atributos efecto** son aquellas características que determinan el efecto de las plantas en las propiedades del ecosistema (es decir, cobertura del suelo, aumento de la biomasa, regeneración natural, ciclo biogeoquímico).

En el escenario de degradación de los bosques tropicales, restaurar y estudiar las relaciones de las características de las especies y del ambiente deben ser destacados en el escenario global de la ecología. Entre las primeras iniciativas, podemos destacar el estudio de Wright *et al.* (2004) que describe las principales propiedades químicas, estructurales y fisiológicas para las características foliares ("*leaf economic spectrum*" - LES / Espectro económico foliar). Las características principales descritas fueron: masa foliar por área (LMA), tasa de asimilación fotosintética, contenido de nitrógeno foliar (LNC), contenido foliar de fósforo (LPC) o tiempo de vida foliar. En ambientes de alta intensidad luminosa, como suelen ser los ambientes de plantaciones, debemos tener en cuenta inicialmente los atributos foliares (Schulze *et al.*, 1998, Fonseca *et al.*, 2000; Wright; Reich; Westoby, 2001; Wright *et al.*, 2004). Las hojas están influenciadas por los factores ambientales, lo que demuestra que las alteraciones en las estrategias de construcción de la hoja y la asignación de recursos pueden variar según la intensidad de la inversión (Volis; Ormanbekova; Yermekbayev, 2015; Wright *et al.* 2004).

Otro aspecto importante está relacionado con las características del espectro económico del tallo. A través de la característica de densidad de la madera en el tallo, podemos verificar la fuerza estructural de la planta. De esta forma, las especies con mayores valores de densidad específica de la madera (*Wood density* - WD) presentan mejor estabilidad mecánica, mayor altura, mejor resistencia a patógenos (Chave *et al.*, 2009; Poorter *et al.*, 2008). Por otro lado, los menores valores de densidad de la madera de las especies hacen que los árboles presenten un mayor crecimiento en



volumen, mayor conductividad y almacenamiento de agua y corteza fina (Chave *et al.*, 2009; Baraloto *et al.*, 2010).

Nuevos conceptos fueron añadidos a las características funcionales por Reich (2014) quien incluyó características del tallo como la conductividad hidráulica, densidad de la madera, características de las raíces (longitud de las raíces, longevidad y micorrizas) como atributos que ayudan en el desempeño y aptitud de las especies. Las características de reproducción también fueron incluidas en un espectro bidimensional con tamaño de la planta y economía de la hoja (Díaz *et al.*, 2016).

El enfoque de atributos funcionales y servicios ecosistémicos comenzó a ganar énfasis después de los trabajos de Díaz *et al.* (2007) y De Bello *et al.* (2010). Algunos estudios demuestran que el perfil funcional de una especie está ligado a las características del recurso: adquisición de recursos, limitación de recursos, inversión reproductiva y patrones de asignación de recursos (Ostertag *et al.*, 2015). Actualmente, se plantea como un gran desafío determinar qué características de las especies determinan qué servicios ecosistémicos (Kollmann *et al.*, 2016; Carlucci *et al.*, 2020, Pan *et al.*, 2021).

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, algunos puntos se subdividen en servicios de abastecimiento, servicios de regulación, servicios culturales, servicios de apoyo (MEA, 2005). Los proyectos de restauración pueden y deben tener diversos efectos sobre los servicios ecosistémicos (por ejemplo, atributos del suelo, recurso hídrico, reservorio de carbono y protección de la biodiversidad), como se observó por Shimamoto *et al.* (2018) en un metaanálisis en bosques tropicales, donde se encontró que las acciones de restauración contribuyen positivamente con los servicios ecosistémicos en comparación con las áreas perturbadas.

La aproximación de características funcionales en proyectos de restauración sigue siendo incipiente (Loureiro *et al.* 2023), con pocos trabajos que conectan las condiciones ambientales, las características funcionales y el funcionamiento de los ecosistemas en el ensamblaje de la comunidad (Zirbel *et al.*, 2017; Weiher *et al.*, 2011;



Lavorel & Garnier 2002; Díaz & Cabido 2001). Ante los desafíos propuestos para la década de la restauración, se hace necesaria una mayor comprensión del papel de los atributos funcionales (atributos respuesta y atributos de efecto) en áreas de restauración para cubrir las lagunas existentes.

Según destacaron Rosenfield & Müller (2020) y Zupo *et al.* (2022), actualmente, en el escenario de cambio climático y alteraciones en el uso del suelo, los proyectos de restauración deben tener en cuenta, en su planificación y monitoreo, además de la composición florística, las características funcionales de las especies y del ecosistema. Sin embargo, la aproximación de atributos funcionales en la restauración depende de la disponibilidad de información sobre estas características para las especies utilizadas (Carlucci *et al.*, 2020; Petisco-Souza *et al.*, 2020). Según advierten varios autores, mientras que las características funcionales de algunas pocas especies son ampliamente estudiadas, muchas de las características funcionales de las especies no tienen estudios (Noble & Gitay, 1996; Grime *et al.*, 1997; Lavorel *et al.*, 1997; Weiher *et al.*, 1999; Craine *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2004), principalmente especies sin uso económico o especies que se encuentran en áreas remotas, lejos de áreas urbanas y fuera de unidades de conservación.

En sus revisiones sistemáticas, Pan *et al.* (2021) y Carlucci *et al.* (2020) destacaron los puntos más importantes relacionados con las características funcionales de las plantas y los servicios ecosistémicos. Según Carlucci *et al.* (2020), es un desafío abordar las características funcionales y los servicios ecosistémicos en proyectos de restauración de ecosistemas tropicales. Sin embargo, se debe tener precaución en este enfoque, ya que según Gornish *et al.* (2023) lo que falta es una amplia difusión de la información en formato científico, ya que esta información a menudo se encuentra en formato técnico a través de profesionales con amplio conocimiento local. Por su parte, en la revisión sistemática de Loureiro *et al.* (2023), los autores destacaron que la restauración funcional se encuentra en el campo teórico y que nuevas iniciativas deben ampliarse para abordajes experimentales. Estos autores señalaron los desafíos de la comunidad científica para interconectar el conocimiento empírico de los profesionales con la aplicación práctica de características funcionales de respuesta (por ejemplo, tamaño de la semilla, contenido foliar de nitrógeno y



fósforo, masa seca de raíz) y características funcionales de efecto que promueven alteraciones en la estructura y funcionamiento del ecosistema en los proyectos de restauración. El mayor número de estudios encontrados relacionados con atributos respuesta en comparación con los trabajos que abordan atributos de efecto indican lagunas en el conocimiento de las relaciones entre características y funciones.

En este contexto, la información sobre los atributos funcionales permite relacionar los componentes bióticos y abióticos al nivel de ecosistema, proporcionando información sobre los mecanismos de ensamblaje de la comunidad en procesos de alteraciones ambientales (Laughlin, 2014) y puede servir como subsidio para prever servicios ecosistémicos (Garnier & Navas, 2012). Según Pan *et al.* (2021), los servicios ecosistémicos se dividen en tres categorías: servicio de provisión, servicio de regulación y servicio de soporte. A partir de esta división, se realizaron análisis para comprender qué características funcionales afectan a cada servicio ecosistémico. Se observó la multifuncionalidad en el ecosistema, con múltiples funciones y servicios ecosistémicos que ocurren al mismo tiempo (Tabla 1), lo que requiere nuevas discusiones y profundizaciones sobre la temática.



Tabla 1 - Resumen de las características funcionales relacionadas con los diferentes servicios ecosistémicos propuestos por la *Millennium Ecosystem Assessment* 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de Suporte	Ciclagem de nutrientes (nitrogênio)	Fertilidade do solo	Área foliar específica (SLA)	Pan <i>et al.</i> , 2021 De Bello <i>et al.</i> , 2010 Allison & Vitousek 2004
	Ciclagem de nutrientes (carbono)	Armazenamento de carbono	Densidade da madeira (WD)	Chave <i>et al.</i> , 2009 Bunker <i>et al.</i> , 2005
	Formação e retenção do solo	Controle da erosão do solo (incluindo proteção das margens dos rios)	Densidade da folhagem	Burylo <i>et al.</i> , 2012
Serviço de provisionamento	Biomassa	A massa (massa seca) de todas as espécies no ecossistema	Área foliar específica Conteúdo de matéria seca foliar	Pan <i>et al.</i> , 2021 Adair <i>et al.</i> , 2018
			Conteúdo de nitrogênio foliar Altura máxima Densidade de madeira Qualidade da semente	Grigulis <i>et al.</i> , 2013 De Bello <i>et al.</i> , 2010
	Produção primária líquida	A quantidade de energia química, normalmente expressa como biomassa de carbono, que o ecossistema acumula em um determinado período de tempo	Teor de nitrogênio foliar da planta Altura máxima Área foliar específica	Pan <i>et al.</i> , 2021 De Bello <i>et al.</i> , 2010 Quétier <i>et al.</i> , 2007
			Teor de matéria seca foliar Teor de fósforo foliar Condutância estomática	
	Comida	Produção de alimentos	Comestibilidade de frutos/sementes	Câmara-Leret <i>et al.</i> 2017 Clough <i>et al.</i> 2011 Van der Pijl, 1982

Fuente: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado por la autora (2023).



Tabla 1.1 - Continuação del resumen de las características funcionales relacionadas con los diferentes servicios ecosistémicos propuestos por la *Millennium Ecosystem Assessment* 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de regulação	Regulação da água	Ecossistemas mitigam inundações e aumentam o fluxo de base na estação seca por meio de processos hidrológicos participantes	Altura máxima da planta Área foliar específica Forma de vida Densidade da madeira Vida da folha Densidade do tecido foliar Profundidade da Raiz Condutância estomática	Wen <i>et al.</i> , 2019 De Bello <i>et al.</i> , 2010
	Regulação de calor	Os ecossistemas regulam a temperatura do ar afetando a troca de calor	Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Estrutura do dossel Condutância estomática foliar	Lundholm <i>et al.</i> , 2014
	Regulação climática	Resistência às mudanças climáticas (seca)	Densidade da madeira (WD)	Hacke <i>et al.</i> 2001
	Proteção contra riscos naturais	Resistência ao fogo	Espessura da casca	Pérez-Harguindeguy <i>et al.</i> 2013
	Controle de espécies de plantas invasoras	Resistência à invasão	Cobertura do dossel	Viani <i>et al.</i> 2017 Brancalion <i>et al.</i> 2016

Fuente: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado por la autora (2023).

Tabla 1.2 - Continuação do resumo de las características funcionales relacionadas con los diferentes servicios ecosistémicos propuestos por la *Millennium Ecosystem Assessment* 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de regulação	Dispersão de sementes	Dispersão de sementes	Síndrome de dispersão	Pilon & Durigan, 2013 Van der Pijl, 1982
	Polinização	Polinização	Forma de flor (Crescimento e Composição)	Pan <i>et al.</i> , 2021 Garcia <i>et al.</i> , 2015 De Bello <i>et al.</i> , 2010 Olesen <i>et al.</i> , 2007 Fontaine <i>et al.</i> , 2006
	Teor de carbono orgânico do solo	Sequestro de carbono orgânico do solo nos ecossistemas	Altura máxima da planta Conteúdo de nitrogênio foliar Área foliar específica Conteúdo de matéria seca foliar Densidade da madeira Conteúdo de carbono foliar	Pan <i>et al.</i> , 2021 Adair <i>et al.</i> , 2018
	Retenção do solo	Ecossistemas retêm os solos e reduzem a erosão do solo	Área foliar da planta Diâmetro da raiz Teor de matéria seca do caule Área projetada do caule	Burylo <i>et al.</i> , 2012
	Biocontrole	Ecossistemas controlam pragas (por exemplo, insetos nocivos e ervas daninhas)	Tempo de floração da planta Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Tipo de flor Comprimento da floração Tipo de néctar e cor da flor Química dos Tecidos (Taninos, Fenólicos, Terpenos, Lignina)	Santala <i>et al.</i> , 2019 Storkey <i>et al.</i> , 2013 De Bello <i>et al.</i> , 2010

Fuente: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado por la autora (2023).

Tabla 1.3 - Continuação do resumo de las características funcionales relacionadas con los diferentes servicios ecosistémicos propuestos por la *Millennium Ecosystem Assessment* 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de apoio	Fertilidade do solo	A fertilidade do solo é aumentada pela promoção da decomposição e mineralização do material orgânico	Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de matéria seca foliar Teor de nitrogênio foliar Forma de vida Profundidade de raiz Capacidade fotossintética Capacidade de fixação de nitrogênio diversidade de serrapilheira, Biomassa da raiz, Teor de Terpeno, Época de floração	Pan <i>et al.</i> , 2021 Handa <i>et al.</i> , 2014 De Bello <i>et al.</i> , 2010
	Polinização	Ecossistemas fornecem habitats para polinizadores para aumentar a produtividade	Tempo de floração da planta Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Tipo de flor Comprimento da floração Tipo de néctar e cor da flor	Fornoff <i>et al.</i> , 2017 Robleño <i>et al.</i> , 2018
Serviço Cultural	Valores estéticos e	Lazer	Personagem ornamental Diversidade no tipo de Flor Densidade e tamanho da flor	Kendal <i>et al.</i> , 2012
	Culturais		Nitrogênio da Folha Tanacidade da folha	De Bello <i>et al.</i> , 2010

Fuente: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado por la autora (2023).

Merchant *et al.* (2023) defienden el uso complementario de atributos funcionales en acciones de restauración, destacando cuatro razones para la negligencia de este tema en los proyectos: objetivos y enfoques distintos, falta de estructura operativa, restricciones en el stock de plantas y falta de información sobre los atributos funcionales.

En este sentido, se necesitan estudios que recopilen información de investigaciones de campo, bases de datos, teledetección y modelos ecológicos para establecer patrones a escalas espaciales y temporales. Sin embargo, la aplicación del uso de atributos en modelos ecológicos está limitada por la disponibilidad de bases de datos a escalas menores (He *et al.*, 2019). En general, faltan información disponible a escala regional para las características locales e intraespecíficas (Siefert *et al.*, 2015). Para superar estas limitaciones, se están realizando algunas iniciativas internacionales y locales para aumentar los estudios regionales centrados en los atributos funcionales y disponibilizando esta información en bases de datos locales.



Es importante destacar que al considerar el uso de bases de datos internacionales de características funcionales de las plantas, debemos verificar la precisión de la información. Algunas bases de datos pueden presentar análisis tendenciosos para algunas características, como el área foliar específica, la masa de las semillas, el nitrógeno foliar por unidad de masa, la altura máxima, la capacidad fotosintética máxima por unidad de área foliar (Sandel; Corbin; Krupa, 2011). Sin embargo, una forma de minimizar esta problemática es utilizar diversas bases de datos internacionales que estén estandarizadas para evitar posibles tendencias en el muestreo. Existen algunas bases de datos consolidadas para características funcionales: *TRY/Plant Trait Data Base* (Kattge *et al.*, 2020; Kattge *et al.*, 2011) que integra 400 conjuntos de datos, algunos de los cuales son bases de datos colectivas como LEDA, GlopNet, BioFlor, SID, EcoFlora, FRED. Además de estas, existen otras iniciativas de bases de datos como BIEN (Botanical Information and Ecology Network), que es una red de ecólogos, botánicos y científicos de la computación que trabajan juntos para documentar patrones globales de diversidad, función y distribución de plantas (Maitner *et al.*, 2018), el Banco de datos de Comunidad de Árboles Neotropicales/TreeCo (De Lima *et al.*, 2015; De Lima *et al.*, 2020) que es el resultado de un proyecto que tiene como objetivo compilar y sintetizar el conocimiento existente sobre la estructura y diversidad de las comunidades arbóreas neotropicales y los atributos funcionales de sus especies y el Repositorio Digital DRYAD (Zanne *et al.*, 2009) que es un recurso que tiene un trabajo de curaduría que hace que los datos de investigación sean detectables, reutilizables libremente y citables. Además de estos, todavía existen el Banco de datos FunAndes (Datos de características funcionales de plantas en los Andes tropicales) (Báez *et al.*, 2022) y en Brasil el banco de datos de características foliares de plantas en diferentes biomas y tipos de vegetación brasileños denominado LT-Brasil (Mariano *et al.* 2021).

4. CONSIDERACIONES FINALES

En las últimas décadas, hemos visto avances en el uso de características funcionales en la restauración ecológica, sin embargo, es importante destacar que aún



necesitamos directrices más específicas para orientar las políticas públicas de restauración de manera práctica y eficiente.

El gran desafío de la década de la restauración para alcanzar las metas globales de recuperación de la vegetación en grandes áreas degradadas radica en la dificultad de aplicar la teoría en los aspectos prácticos en el campo por parte de los profesionales de la restauración. Se destaca que los proyectos de restauración necesitan llevar a cabo este control en todas las fases (selección de especies, planificación, monitoreo y evaluación).

A nivel global, gran parte de los trabajos sobre atributos funcionales buscan medir estos atributos a través de una búsqueda sistemática en la literatura o consultas a bases de datos disponibles. Sin embargo, la evaluación del aspecto funcional a escala local o regional puede arrojar mejores resultados, ya que tiene en cuenta las características locales de cada hábitat. Un punto importante es el bajo número de trabajos asociados con los servicios ecosistémicos que se restaurarán, y qué atributos están relacionados con estos servicios.

En cuanto a los bosques tropicales, se destaca la gran dificultad de utilizar características funcionales en la selección de especies para servicios ecosistémicos, debido a la gran diversidad de especies y a la escasez de información sobre sus atributos funcionales. Sin embargo, se observa que características funcionales como atributos foliares, características reproductivas, atributos arquitectónicos, densidad de la madera y atributos ecofisiológicos cada vez se consideran más como criterios importantes para la selección de especies en proyectos de restauración.

Es evidente que debemos tener una visión amplia de la restauración que abarque la mayor cantidad de aspectos (organismos, especies, poblaciones, ecosistemas y paisajes) que deben considerarse para evaluar el éxito de los proyectos de restauración. Sin embargo, aún existen grandes desafíos para sintetizar y establecer estándares sistemáticos para los elementos de estructura, función y composición, ya que cada bioma presenta diferentes características globales, regionales y locales. No existe un enfoque fijo en los proyectos de restauración, el desafío en este sentido es



constante y flexible, debemos estar siempre actualizados con los nuevos avances en técnicas, herramientas de plantación, monitoreo, indicadores ecológicos, entre otros.

La ecología de la restauración ha mostrado avances significativos en los últimos años, presentando un crecimiento y evolución en sus enfoques teóricos y prácticos. El escenario actual destaca la restauración ecológica, ya que este tema es de relevancia global. Es evidente que aún se necesitan estudios que se centren en el desarrollo de modelos en áreas de restauración que promuevan de manera más eficiente los servicios ecosistémicos, con el fin de lograr su funcionalidad efectiva.

AGRADECIMENTOS

El presente trabajo fue realizado con el apoyo de la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 y de la *Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro* (FAPERJ). Marcelo Trindade Nascimento cuenta con el apoyo del *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil* (CNPq: 312567/2021-9) y de la *Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro* (FAPERJ E-26/201.007/2022). Agradecemos a Fabrício A. Carvalho, Igor S. Broggio, Karla M.P de Abreu, Luiz Fernando D. de Moraes y Mariana A. Fantanin por sus consideraciones y críticas en las primeras versiones del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIR, E. C. *et al.* Ecosystem context illuminates conflicting roles of plant diversity in carbon storage. **Ecology Letters**, v. 21, n. 11, p. 1604-1619, 2018.

ALLISON, S. D.; VITOUSEK, P. M. Rapid nutrient cycling in leaf litter from invasive plants in Hawai'i. **Oecologia**, v. 141, p. 612-619, 2004.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. *et al.* Plant β -diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 6, p. 1449-1458, 2013.

BARALOTO, C. *et al.* Decoupled leaf and stem economics in rain forest Trees. **Ecology Letters**, Oxford, v. 13, n. 13, p. 1338-1347, 2010.



BÁEZ, S. *et al.* FunAndes—A functional trait database of Andean plants. **Scientific data**, v. 9, n. 1, p. 511, 2022.

BONN CHALLENGE. **Bonn Challenge Report**. IUCN. 2020. Disponível em: <<https://www.bonnchallenge.org/resources/bonn-challenge-2020-report>> Acesso: 20 jul 2023.

BRANCALION, P. H. *et al.* Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.

BRANCALION, P. H. S; HOLL, K. D. Functional composition trajectory: a resolution to the debate between Suganuma, Durigan, and Reid. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 1-3, 2016.

BRINCK, K. *et al.* High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 14855, 2017.

BUNKER, D. E. *et al.* Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest. **Science**, v. 310, n. 5750, p. 10291031, 2005.

BURYLO, M. *et al.* Plant functional traits and species ability for sediment retention during concentrated flow erosion. **Plant and Soil**, v. 353, p. 135144, 2012.

CÁMARA-LERET, R. *et al.* Fundamental species traits explain provisioning services of tropical American palms. **Nature Plants**, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2017.

CARLUCCI, M. B. *et al.* Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1372-1383, 2020.

CARUSO, C. M.; MASON, C. M.; MEDEIROS, J. S. The evolution of functional traits in plants: is the giant still sleeping?. **International Journal of Plant Sciences**, v. 181, n. 1, p. 1-8, 2020.

CDB – Convention on Biological Diversity. **Strategic Plan 2021-2020**. Aichi Biodiversity Targets. 2011. Disponível em: <<https://www.cbd.int/sp/targets/>>. Acesso: 9 abr 2023.

CHAVE, J. *et al.* Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, Oxford, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

CHAZDON, R; BRANCALION, P. Restoring forests as a means to many ends. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 24-25, 2019.

CLOUGH, Y. *et al.* Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 20, p. 8311-8316, 2011.



CRAINE, J.M. *et al.* Functional traits, productivity and effects on nitrogen cycling of 33 grassland species. **Functional Ecology**, v. 16, n. 5, p. 563-574, 2002.

DAVE, R. *et al.* Second Bonn Challenge progress report. Application of the Barometer in 2018. **Gland, Switzerland: IUCN**. xii + 80pp, 2019.

DE BELLO, F. *et al.* Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 10, p. 2873-2893, 2010.

DE LIMA, R. A. *et al.* How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2135–2148, 2015.

DE LIMA, R. A. *et al.* The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2020.

DIAS, E. Atributos Funcionais Predizem Sobrevivência E Regeneração Arbórea Em Diferentes Modelos De Restauração Na Floresta Estacional Semidecidual. 2014. 103p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.

DÍAZ, S. *et al.* Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 52, p. 20684-20689, 2007.

DÍAZ, S. *et al.* The global spectrum of plant form and function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167-171, 2016.

FONSECA, C.R. *et al.* Shifts in trait combinations along rainfall and phosphorus gradients. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 6, p. 964-977, 2000.

FONTAINE, C. *et al.* Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. **PLoS biology**, v. 4, n. 1, p. e1, 2006.

FORNOFF, F. *et al.* Functional flower traits and their diversity drive pollinator visitation. **Oikos**, v. 126, n. 7, p. 1020-1030, 2017.

GANN, G.D. *et al.* International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**, v. 27, n.1, p. 1-46, 2019.

GARCIA, L.C. *et al.* Flower functional trait responses to restoration time. **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 3, p. 402-412, 2015.



GARNIER, E; NAVAS, M. A. trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 2, p. 365-399, 2012.

GFW - Global Forest Watch. **Primary Forest Loss Global Forest Review**. Washington, DC: World Resources Institute. 2022a. Disponível em: <<https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/primary-forest-loss>>. Acesso: 20 mai. 2023.

GFW - Global Forest Watch. **Forest Loss Global Forest Review**. Washington, DC: World Resources Institute. 2022b. Disponível em: <<https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/forest-loss>>. Acesso: 20 mai. 2023.

GORNISH, E. S. *et al.* Functional traits are used in restoration practice: a response to Merchant *et al.* (2022). **Restoration Ecology**, p. e13880, 2023.

GRIGULIS, K. *et al.* Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 1, p. 47-57, 2013.

GRIME, J. P. *et al.* Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. **Oikos**, p. 259-281, 1997.

HACKE, U. G. *et al.* Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, p. 457-461, 2001.

HANDA, I. T. *et al.* Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. **Nature**, v. 509, n. 7499, p. 218-221, 2014.

HE, N. *et al.* Ecosystem traits linking functional traits to macroecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 3, p. 200-210, 2019.

HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil 1. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.

KATTGE, J. *et al.* TRY plant trait database—enhanced coverage and open access. **Global change biology**, v. 26, n. 1, p. 119-188, 2020.

KATTGE, J. *et al.* TRY— a global database of plant traits. **Global change biology**, v. 17, n. 9, p. 2905-2935, 2011.

KENDAL, D.; WILLIAMS, K. J. H; WILLIAMS, N. S. G. Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. **Landscape and urban planning**, v. 105, n. 1-2, p. 34-42, 2012.



KOLLMANN, J. *et al.* Integrating ecosystem functions into restoration ecology-recent advances and future directions. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 6, p. 722-730, 2016.

LAUGHLIN, D. C. Applying trait-based models to achieve functional targets for theorydriven ecological restoration. **Ecology Letters**, v. 17, n. 7, p. 771–784, 2014.

LAVOREL, S. *et al.* Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 12, p. 474-478, 1997.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional ecology**, v. 16, n. 5, p. 545-556, 2002.

LOUREIRO, N. *et al.* Use of the trait-based approach in ecological restoration studies: a global review. **Trees**, p. 1-11, 2023.

LUNDHOLM, J. *et al.* Leaf and life history traits predict plant growth in a green roof ecosystem. **PloS one**, v. 9, n. 6, p. e101395, 2014.

MAITNER, B. S. *et al.* The bien r package: A tool to access the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) database. **Methods in Ecology and Evolution**. 2018.

MANHÃES, A. P. *et al.* Functional trajectory for the assessment of ecological restoration success. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 8, p. e13665, 2022.

MAPPIN, B. *et al.* Restoration priorities to achieve the global protected area target. **Conservation Letters**, v. 12, n. 4, p. e12646, 2019.

MARIANO, E. *et al.* LT-Brazil: A database of leaf traits across biomes and vegetation types in Brazil. **Global Ecology and Biogeography**, v. 30, n. 11, p. 2136-2146, 2021.

MARTÍNEZ-GARZA, C.; BONGERS, F.; POORTER, L. Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures ?. **Forest Ecology and Management**, v. 303, p. 35-45, 2013.

MCDONALD, T. *et al.* International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration: Washington, DC. **SoilTec, Inc.,© Marcel Huijser, Bethanie Walder**. 48p. 2016.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water**. World Resources Institute, 2005.

MERCHANT, T. K. *et al.* Four reasons why functional traits are not being used in restoration practice. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 3, p. e13788, 2023.



MMA - Ministério do Meio Ambiente. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Cópia do decreto Legislativo. n.2, p.32, Brasília. 2000. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf>> Acesso: 30 jul 2023.

MORAES, L. F. D. *et al.* **Princípios e Padrões Internacionais para a prática da restauração ecológica**. Segunda edição: Novembro 2019. Sociedade Ecológica de Restauração. Disponível em: <<https://www.ser.org/page/SERDocuments>> Acesso: 14 jul. 2023.

NOBLE, I. R.; GITAY, H. A. functional classification for predicting the dynamics of landscapes. **Journal of Vegetation science**, v. 7, n. 3, p. 329-336, 1996.

OLESEN, J. M. *et al.* The openness of a flower and its number of flower-visitor species. **Taxon**, v. 56, n. 3, p. 729-736, 2007.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. **Annals of the Missouri Botanical garden**, p. 199-224, 2002.

OSTERTAG, R. *et al.* Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 4, p. 805-809, 2015.

OUZZANI, M. *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic reviews**, v. 5, p. 1-10, 2016.

PALMA, A. C. *et al.* Enhancing plant diversity in secondary forests. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 3, p. 571352, 2020.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: What do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 4, p. 561–568, 2015.

PAN, Q. *et al.* Effects of plant functional traits on ecosystem services: A review. **Chinese Journal of Plant Ecology**, v. 45, n. 6, p. 1140–1153, 2021.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Aust. Bot.** 61, 167– 234. 2013.

PETISCO-SOUZA, A. C. *et al.* Minding the gap: range size and economic use drive functional trait data shortfall in the Atlantic Forest. **BioRxiv**, 2020.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, p. 389-399, 2013.

POORTER, L. *et al.* Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. **Ecology**, New York, v. 89, n. 7, p. 1908-1920, 2008.



QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; LAVOREL, S. Plant traits in a state and transition framework as markers of ecosystem response to land-use change. **Ecological monographs**, v. 77, n. 1, p. 33-52, 2007.

REICH, P. B. The world-wide 'fast-slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal of ecology**, v. 102, n. 2, p. 275-301, 2014.

ROBLEÑO, I. *et al.* Using the response-effect trait framework to quantify the value of fallow patches in agricultural landscapes to pollinators. **Applied Vegetation Science**, v. 21, n. 2, p. 267-277, 2018.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Functional ecology as a tool for planning and monitoring ecosystems restoration. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550-565, 2020.

ROSENFELD, M.F. **Processos ecossistêmicos e funcionalidade de florestas em restauração**. 2017, 181p. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2017.

ROTHER, D. C. *et al.* Ecological restoration increases conservation of taxonomic and functional beta diversity of woody plants in a tropical fragmented landscape. **Forest Ecology and Management**, v. 451, p. 117538, 2019.

SANDEL, B.; CORBIN, J. D.; KRUPA, M. Using plant functional traits to guide restoration: A case study in California coastal grassland. **Ecosphere**, v. 2, n. 2, p. 116, 2011.

SANTALA, K. *et al.* Managing conservation values and tree performance: Lessons learned from 10 year experiments in regenerating eastern white pine (*Pinus strobus* L.). **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 748-760, 2019.

SCHULZE, E.D. *et al.* Carbon and nitrogen isotope discrimination and nitrogen nutrition of trees along a rainfall gradient in northern Australia. **Functional Plant Biology**, v. 25, n. 4, p. 413-425, 1998.

SER - Society for Ecological Restoration. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política - versão 2. Tucson: SER, 2004. Disponível em: <<https://www.ser.org/page/SERDocuments>>. Acesso: 14 jul. 2023.

SHIMAMOTO, C. Y. *et al.* Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 13, n. 12, p. 1-16, 2018.

SIEFERT, A. *et al.* A global meta-analysis of the relative extent of intraspecific trait variation in plant communities. **Ecology letters**, v.18, n. 12, p. 1406-1419, 2015.



STORKEY, J. *et al.* Using functional traits to quantify the value of plant communities to invertebrate ecosystem service providers in arable landscapes. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 1, p. 38-46, 2013.

SUDING, K. *et al.* Committing to ecological restoration. **Science**, v. 348, n. 6235, p. 638-640, 2015.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Resolution adopted by the General Assembly on 1 March 2019**. New York. 2019. Disponível em: < <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n19/060/16/pdf/n1906016.pdf?token=SJsp18IS6AHLiqlpEX&fe=true> > Acesso: 14 jul. 2023.

VAN DER PIJL, L. ***Principles of Dispersal in Higher Plants***, Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VIANI, R. A. *et al.* Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917697265, 2017.

VIOLLE, C. *et al.* Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

VOLIS, S.; ORMANBEKOVA, D.; YERMEKBAYEV. K. Role of phenotypic plasticity and population differentiation in adaptation to novel environmental conditions. **Ecology and Evolution**, v. 5, p. 3818–3829, 2015.

WEIHER, E. *et al.* Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2403-2413, 2011.

WEIHER, E. *et al.* Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of vegetation science**, v. 10, n. 5, p. 609-620, 1999.

WEN, Z. *et al.* Functional diversity overrides community weighted mean traits in linking land-use intensity to hydrological ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 682, p. 583-590, 2019.

WRIGHT, I. J. *et al.* The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821-827, 2004.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high-and low-rainfall and high-and low-nutrient habitats. **Functional Ecology**, v. 15, n. 4, p. 423-434, 2001.

ZAKHAROVA, L.; MEYER, K. M.; SEIFAN, M. Trait-based modelling in ecology: A review of two decades of research. **Ecological Modelling**, v. 407, p. 108703, 2019.



ZANNE, A. E. *et al.* Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. **Dryad Digital Repository**, 2009. Disponível em: <<https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>>. Acesso: 10 mai. 2023.

ZIRBEL, C. R. *et al.* Plant functional traits and environmental conditions shape community assembly and ecosystem functioning during restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 4, p. 1070–1079, 2017.

ZUPO, T. *et al.* Trends and knowledge gaps on ecological restoration research in the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 8, p. 1–12, 2022.

NOTA

Los autores utilizaron la IA ChatGPT 3.5 para ayudar en la revisión gramatical y análisis ortográfico del documento. Sin embargo, todas las búsquedas de contenidos, clasificación de la calidad de los artículos y redacción del contenido fueron realizadas de manera autónoma.

Material recibido: 07 de noviembre de 2023.

Material aprobado por pares: 27 de noviembre de 2023.

Material editado aprobado por los autores: 13 de febrero de 2024.

¹ Máster en Ecología y Recursos Naturales, Universidad Estatal del Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2019). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4973-3606>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9550083180869691>.

² Orientador. Doctor en Ecología, PhD, Universidad de Stirling, Escocia (1994). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4492-3344>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3704305950005564>.