

## **Sensoriamento remoto no estudo de florestas tropicais: uma revisão de literatura**

*Remote sensing in the study of the tropical forest:  
a literature review*

*Teledetección en el estudio de los bosques  
tropicales: una revisión de literatura*

**Luísa Oliveira Pereira**

Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

[luisa.olipr@gmail.com](mailto:luisa.olipr@gmail.com)

**Alex Mota dos Santos**

Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

[alexmota@ufsb.edu.br](mailto:alexmota@ufsb.edu.br)

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sob as perspectivas bibliométrica e sistemática. Para tanto, utilizou-se a string de busca “Remote sensing of vegetation AND tropical forest” nas bases de dados Scopus e Web of Science. Na análise bibliométrica, realizou-se uma abordagem quantitativa pelo pacote Bibliometrix no software R. Os trabalhos avaliados foram publicados desde 1983 até 2024, com 9.925 autores em 91 países, mais de quatro mil instituições em 737 periódicos. Verificou-se que as pesquisas acerca do tema é um tópico ascendente na produção científica. Os autores com maior índice de impacto H são Asner, Dubayah e Saatchi. Sob a perspectiva sistemática, os sensores do tipo passivo são os mais utilizados (56,0%), embora o instrumento mais citado nos documentos seja o sensor ativo do tipo LiDAR (43,1%). No Brasil, a captação das florestas tropicais é realizada majoritariamente pelos sensores passivos LANDSAT (58,3%).

**Palavras-chave:** Recursos florestais. *Biblioshiny*. PRISMA. *RStudio*.

**Abstract:** This work aims to carry out a literature review from bibliometric and systematic perspectives. To this end, the search string “Remote sensing of vegetation AND tropical forest” was used in the Scopus and Web of Science databases. In the bibliometrical analysis, a quantitative approach was carried out using the Bibliometrix package in the R software. The evaluated works were published from 1983 to 2024, with 9,925 authors in 91 countries, more than four thousand institutions in 737 journals. It was found that research into the theme is a rising topic in scientific production. The authors with the highest impact index H are Asner, Dubayah and Saatchi. From a systematic perspective, passive sensors are the most used (56.0%), although the instrument most cited in the documents is the active LiDAR sensor (43.1%). In Brazil, the capture of tropical forests is mainly carried out by passive sensors with LANDSAT (58.3%).

**Keywords:** Forest resources. *Biblioshiny*. PRISMA. *RStudio*.

**Resumén:** Este trabajo pretende realizar una revisión de la literatura desde una perspectiva bibliométrica y sistemática. Para ello se utilizó la string de búsqueda “Remote Sensing of Vegetation AND Tropical Forest” en las bases de datos Scopus y Web of Science. En la bibliometria, se realizó un enfoque cuantitativo utilizando el paquete Bibliometrix, el paquete en el software R. Los trabajos evaluados bibliométricamente fueron publicados desde 1983 hasta 2024, con 9.925 autores en 91 países, más de cuatro mil instituciones en 737 revistas. Se encontró que la investigación sobre lo tema esta en alza en la producción científica. Los autores con mayor índice de impacto H son Asner, Dubayah y Saatchi. Por la sistemática, los sensores pasivos son los más utilizados (56,0%), aunque el instrumento más citado en los documentos es el sensor LiDAR activo (43,1%). En Brasil, la captura de bosques se realiza principalmente mediante sensores passivos LANDSAT (58,3%).

**Palabras clave:** Recursos florestales. *Biblioshiny*. PRISMA. *RStudio*.

## Introdução

As revisões de literatura desempenham um papel essencial na pesquisa acadêmica, pois permitem a reunião dos conhecimentos existentes e verificação do estado da arte de um campo científico. Assim, umas das áreas de investigação científica mais promissora e amplamente explorada (Yan *et al.*, 2021; Dalagnol *et al.*, 2023; Gao *et al.*, 2023), se sustenta a partir do imageamento da superfície terrestre através do sensoriamento remoto terrestre, orbital e suborbital. Neste sentido, para Hussain *et al.* (2023), os dados do sensoriamento remoto são as fontes mais importantes amplamente utilizadas para análise das coberturas das terras.

A obtenção de imagens da superfície terrestre a partir do sensoriamento remoto é possível a partir da interpretação das relações da radiação eletromagnética com a cobertura vegetal, água, solo, áreas urbanas, rochas, dentre outros alvos. A captação da energia refletida ou emitida pelo Sol ou outra fonte externa é absorvida por estas superfícies que transmitem a radiação eletromagnética e variam com o comprimento de onda, representadas no espectro eletromagnético. Para que estas imagens e dados sejam interpretados, é necessária uma ferramenta para detecção das faixas do espectro eletromagnético nas superfícies e capaz de armazenar e registrar os dados, o sensor remoto (Guedes; Silva, 2018).

Os sensores remotos são utilizados para monitorar os ambientes ao detectar informações sem nenhum contato direto com os materiais terrestres de observação, podendo ser passivos (fonte de radiação externa) ou ativos (possuem radiação própria) quando captam as interações eletromagnéticas (Beamish *et al.*, 2020). Alguns equipamentos de sensoriamento remoto conhecidos são os *scanners*, drones, radares, aviões ou máquinas fotográficas, com a tecnologia desenvolvida nestes equipamentos, diversos estudos são possíveis (Zhang; Okin; Zhou, 2019).

Na avaliação de florestas tropicais, as imagens e dados obtidos pelos equipamentos remotos passivos de custos menos elevados são um desafio, visto que a precipitação irregular, a dispersão de nuvens e grande variabilidade foliar podem forçar interpretações errôneas sobre o estado do ambiente ou até mesmo interferir na identificação dos recursos e

perturbações (Dalagnol *et al.*, 2023). Ao considerar as diferenças existentes de bandas espectrais, precisão e processamento de imagens entre satélites, a dificuldade é ainda maior (Beamish *et al.*, 2020). Frente a isso, diversos estudos apresentaram que existem cálculos matemáticos capazes de obter considerável sensibilidade no monitoramento vegetativo, com índices e frações de radiação (Gao *et al.*, 2020; Yan *et al.*, 2021; Gao *et al.*, 2023), além da combinação de técnicas e equipamentos.

Para isso, é essencial a existência de profissionais especialistas que possam analisar as imagens aéreas e identificar, deduzir e classificar os recursos naturais, desastres e mudanças ambientais. Todavia, também se faz necessário a elucidação do que está sendo feito no mundo no nicho do sensoriamento remoto para a agregação de conhecimento e formulação de ideias. Neste contexto, a revisão bibliográfica é fundamental, pois envolve a seleção e análise de documentos (artigos, capítulos de livro, teses, dissertações etc.) para, dentre outros aspectos, a discussão de metodologias e resultados de estudos acerca de um tema. De modo geral, estas revisões desempenham um papel essencial na pesquisa acadêmica, nas mais diversas áreas, possibilitando reunir o conhecimento existente e examinar o estado da arte de um campo científico (Linnenluecke; Marrone; Singh, 2020).

De maneira mais específica, no âmbito das revisões de literatura, identifica-se a perspectiva sistemática, que são elaboradas com protocolo, rigor e alta sensibilidade nas etapas de criação que reúne, seleciona, analisa e sintetiza estudos de um mesmo viés partindo de uma questão norteadora de pesquisa (Galvão; Ricarte, 2020), para análise qualitativa. Outra perspectiva possível é a bibliométrica, para análise quantitativa. Uma pesquisa quantitativa e qualitativa é extremamente exaustiva para delinear e avaliar de forma mais eficaz a visualização do leitor-pesquisador. Além disso, a investigação científica por meio da revisão bibliométrica, conforme Szomszor *et al.* (2021), Martins *et al.* (2023) e Feitosa Junior *et al.* (2024), pode contribuir para avanços significativos, reunindo informações fundamentais sobre os estudos mais relevantes e metodologias contemporâneas sobre o tema em discussão, a qual tem sido realizada por ferramentas de Inteligência Artificial (IA).

Uma proposta de revisão de literatura suportada por IA é apresentada

por Aria e Cuccurullo (2017), que desenvolveram o pacote *Bibliometrix*, escrito na linguagem de programação R para que apenas uma ferramenta seja capaz de assimilar e classificar todas as informações utilizadas, com funções de acesso prático que facilite o mapeamento de estudos científicos e a compreensão de qualquer indivíduo que não seja familiarizado com a ciência da computação. O uso integrado de técnicas como a interface simplificada do *Biblioshiny* promove uma análise objetiva e elucidativa dos trabalhos desenvolvidos em qualquer área de estudo, sendo possível o delineamento de pesquisas futuras, necessidades atuais e conhecimento da literatura base no mundo.

A partir de tais constatações, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura com análise das perspectivas bibliométrica e sistemática sobre o sensoriamento remoto da vegetação de florestas tropicais. As bases de dados utilizadas serão *Scopus* e *Web of Science*. Na análise bibliométrica foi utilizado o pacote *Bibliometrix* do software R, no ambiente do *RStudio*. A revisão sistemática foi elaborada a partir da metodologia PRISMA. Ademais, delinearam-se as questões de pesquisas, como: (a) Quais os países que estão à frente no sensoriamento remoto? (b) Quais os autores mais relevantes e influentes no assunto?, na bibliometria; e (c) Quais são as técnicas mais utilizadas para a captação remota de florestas tropicais? (d) No Brasil, qual a abordagem mais utilizada?, na análise sistemática.

## **Materiais e métodos**

### **Palavras-chave e bases de dados**

Na seleção com palavras-chave, realizou-se uma busca primária de qual termo se aplicou a mais estudos referentes à questão norteadora, e em inglês, a fim de compreender diversos estudos. Dessa maneira, a string de busca utilizada foi o termo “*remote sensing of vegetation*” e “*tropical forest*”, com o operador booleano AND de intersecção.

Para acesso as bases de dados utilizou-se o site do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES). Na plataforma *Scopus*, a equação de busca completa foi “[ALL (“*remote sensing of vegetation*”) AND (“*tropical forest*”)]” e, após isso, foram selecionados todos os documentos encontrados e exportou-se em formato BibTex (.bib).

Já na base WoS, a equação utilizada na plataforma foi “[TS=(*remote sensing of vegetation*)) AND TS=(*tropical forest*)]”, na qual os trabalhos só podem ser exportados em até mil documentos BibTex, sendo necessária a junção dos arquivos .bib pelo aplicativo Bloco de Notas. A junção de documentos (.bib) e rotina para o acesso *Biblioshiny* foram seguidas por Lauxen (2021) e Geotecnologias na Rede (2022).

## Critérios de seleção

Elegeram-se todos os estudos (artigos, capítulos de livro, teses, dissertações), em qualquer idioma, evidenciados pela equação de buscas realizadas nas plataformas *Scopus* e WoS. Para análise sistemática foram selecionados todos os artigos do autor mais relevante.

## RStudio e Biblioshiny

A análise bibliométrica pelo Bibliometrix é de natureza quantitativa, com a classificação dos documentos em métricas para importação e conversão de dados (Feitosa Junior *et al.*, 2024). A utilização da interface é possível a partir de pacotes R, os quais neste estudo foram acessados pelo R (versão 4.3.2) e *RStudio*, conforme metodologia proposta por Lauxen (2021). De modo geral, com a rotina os arquivos são convertidos em matriz estrutural de dados (data frame), são integrados e tem seus documentos duplicados retirados. Após isso, os trabalhos são exportados em tabela (extensão .xlsx) e compilados na inteligência artificial.

No *Biblioshiny*, o arquivo é aberto e verificam-se as métricas de navegação: Dados; Filtros; Visão Geral; Fontes; Autores; Documentos; Agrupamento; Estrutura Conceitual; e Estrutura Social. A partir destes, a ferramenta elabora diversos elementos gráficos, nuvens de palavras e mapas, baseado nos documentos importados. Ademais, todos os dados

exibidos nos elementos da interface podem ser exportados em tabela, imagem, documento de texto, documento portátil, entre outros. Assim, os dados analisados nesta pesquisa foram exportados em planilha para criação de gráficos bidimensionais.

## Método PRISMA

Para a elaboração da revisão sistemática, foi utilizada a metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA, 2024), a qual define 27 itens necessários ao longo da criação para que essas análises sejam padronizadas, avaliadas em quatro fases: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão (Figura 1).

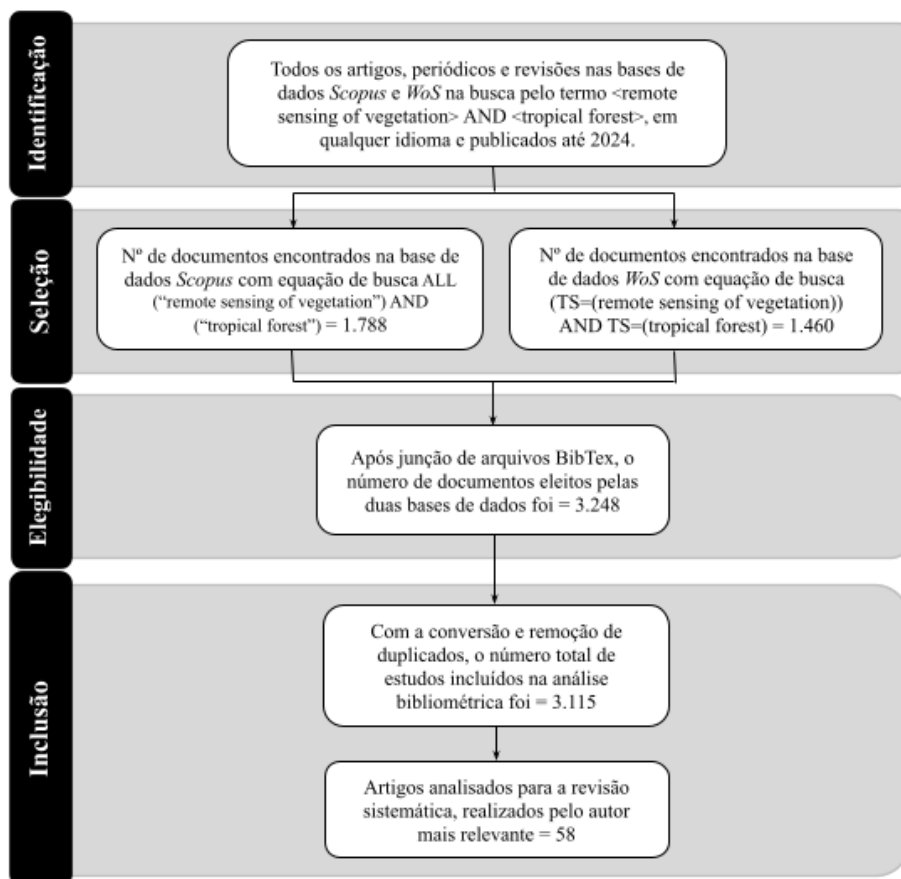


Figura 1 - Fluxograma da metodologia PRISMA aplicada.

Fonte: Autoria própria (2024).

Percebe-se que, no método PRISMA, o grande volume de documentos pode ser reduzido e especificado a cada fase, seguindo a metodologia.

## Resultados e discussões

### Perspectiva Bibliométrica

A revisão de literatura pela perspectiva bibliométrica retornou 1.788 documentos na base Scopus e 1.460 na WoS, total de 3.248 trabalhos. A partir da remoção de duplicados, foram considerados 3.115 documentos submetidos à análise de integridade, que os resultados constam na Tabela 1.

Metadados	Descrição	Contagens Faltantes	% Faltante	Classificação
AU	Autor	0	0,00	Excelente
DT	Tipo de Documento	0	0,00	Excelente
SO	Revista	0	0,00	Excelente
LA	Idioma	0	0,00	Excelente
PY	Ano de publicação	0	0,00	Excelente
TI	Título	0	0,00	Excelente
TC	Nº de Citações	0	0,00	Excelente
C1	Afiliação	15	0,48	Bom
AB	Resumo	26	0,83	Bom
DI	DOI	138	4,43	Bom
RP	Autor Correspondente	293	9,41	Bom
ID	Palavras-chave	381	12,23	Aceitável
DE	Mais Palavras-chave	477	15,31	Aceitável
CR	Referências Citadas	3115	100,00	Ruim e/ou ausente
WC	Categorias Científicas	3115	100,00	Ruim e/ou ausente

Tabela 1 - Completude dos metadados bibliográficos.

Fonte: Autoria própria (2024).

Dentre o total de documentos mapeados, observou-se que se perderam 100% dos metadados de Referências Citadas e Categorias Científicas, o que não é relativamente significativo frente ao objetivo deste trabalho. Esse resultado também foi identificado na pesquisa de Feitosa Júnior *et al.* (2024) e se deve a configuração distinta das revistas científicas, fato que proporciona erros e perdas de dados e informações no mapeamento por IA.

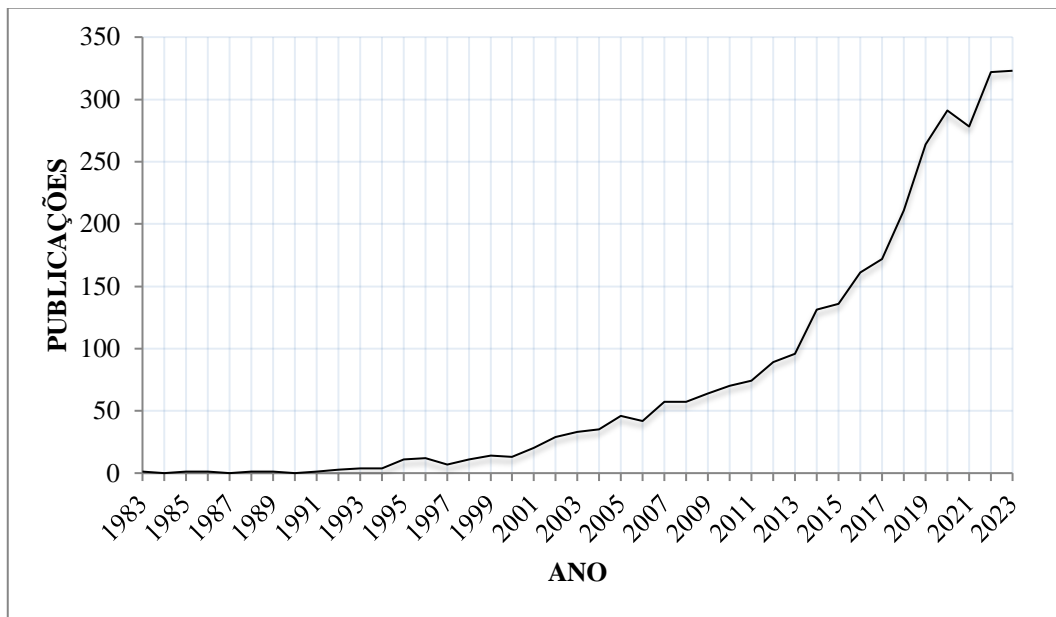
Na visualização do conteúdo principal dos documentos obtida pela métrica Visão Geral, a Inteligência Artificial apresentou a síntese dos aspectos relacionados às publicações, fontes (revistas científicas), palavras-chave, autorias e coautorias (Figura 2).



Figura 2 - Informações principais dos documentos.

Fonte: Autoria própria (2024).

O período de aquisição de dados revelou publicações de 1983 até o ano de 2024. Destes, mais de 9 mil autores que escreveram sobre o sensoriamento remoto da vegetação e florestas tropicais e, dentre estes, 104 desenvolveram seus trabalhos individualmente. Além disso, para mais de 700 periódicos foram identificados em todo o mundo, com taxa de crescimento de 8,56% anual de divulgação destes artigos. Ademais, foi possível verificar o crescimento no número de publicações sobre o tema sensoriamento remoto da vegetação e florestas tropicais ao longo do tempo (Figura 3), com pico mais significativo na última década (2013-2023).



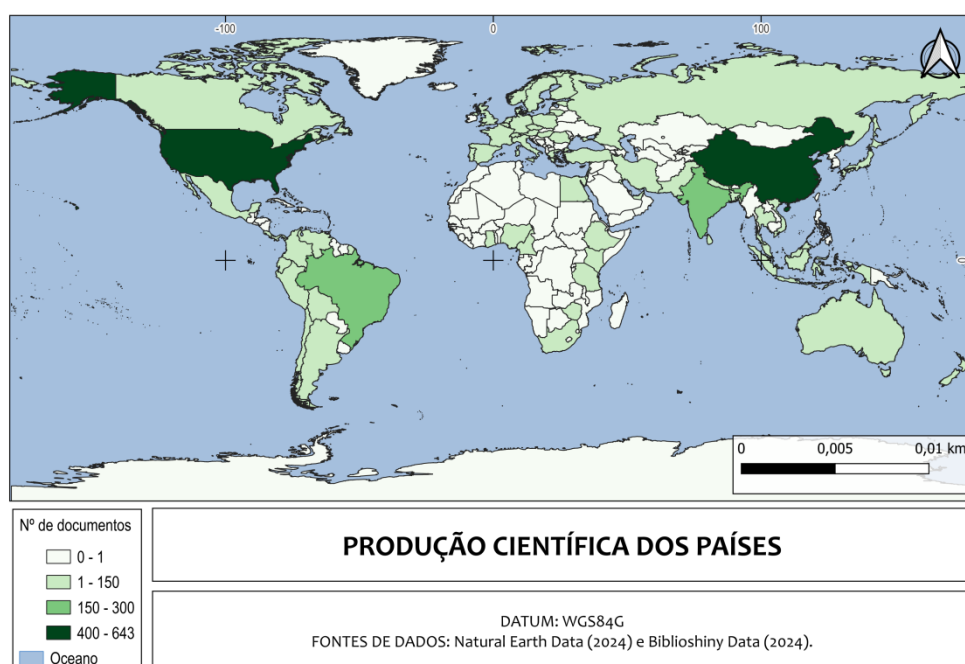
**Figura 3 - Publicações ao longo do tempo.**

Fonte: Autoria própria (2024).

O aumento contínuo no número de publicações revela o empenho dos autores no aprimoramento destes estudos no contexto das mudanças climáticas (Feitosa Junior *et al.*, 2024). Além disso, este resultado pode ser influenciado pelo número de periódicos disponíveis e pela facilidade de acesso às redes internacionais de computadores. Tal fato, na visão de Pan *et al.* (2012), permitiu aos cientistas colaborar e distribuir bancos de dados rapidamente após o advento da globalização. Para Dong *et al.* (2017), a ciência beneficiou de uma mudança de esforços individuais para esforços colaborativos, incluindo aumentos em colaborações e citações internacionais.

No que diz respeito à distribuição da produção científica por países, a Figura 4 revela tal dinâmica, em que foi possível observar o protagonismo dos Estados Unidos (643 trabalhos, 20,6% do total de publicações), China (406 trabalhos, 13,0%), Brasil (185, 5,9%) e Índia (180 trabalhos, 5,8%). O protagonismo dos Estados Unidos na produção de conhecimento também foi identificado em outras pesquisas, em outros temas, dentre as quais a pesquisa de Feitosa Junior *et al.* (2024). Isso se deve ao fato do uso da língua inglesa, mas também do apuro do Estado norte americano em prol da ciência.

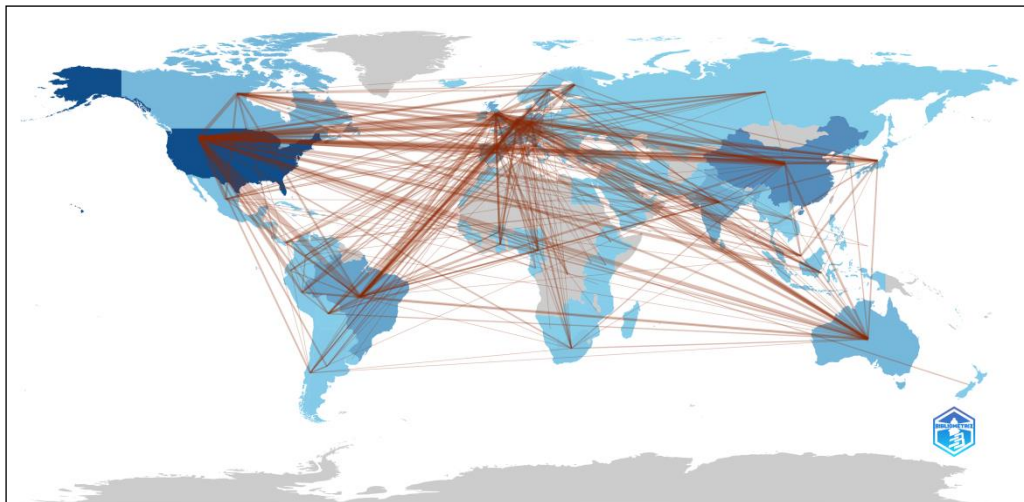
Ademais, tais resultados revelam o que Feitosa Junior *et al.* (2024) denominaram de colonialidade do conhecimento científico centrado nos países do norte. A colonialidade do conhecimento envolve estruturas epistêmicas e metodologias através das quais as hierarquias coloniais são naturalizadas (Hoagland, 2010).



**Figura 4 - Mapa de distribuição da produção científica.**

*Fonte: Autoria própria (2024).*

Decorrem da produção científica no mundo as bases de colaborações entre os países (Figura 5). Esse dado revela as publicações realizadas em conjunto pelos autores em que se revela uma teia global favorecida também pelo fenômeno da globalização que atinge a ciência por meio das políticas de internacionalização das instituições de ensino.



**Figura 5 - Mapa de colaboração entre países.**

Fonte: Biblioshiny Data (2024).

O protagonismo dos Estados Unidos observado refere-se a um contexto mais amplo de liderança mundial em produções científicas. Os pesquisadores norte-americanos participam de redes globais de estudos em diversas áreas (Feitosa Junior *et al.*, 2024), o que contribui significativamente para sua influência e impacto na comunidade científica global (Szomszor *et al.*, 2021).

Outra abordagem possível foi a colaboração a partir da análise das publicações realizadas por um único país (SCP - *Single Country Publications*) e publicações de vários países (MCP - *Multiple Country Publications*), disponível na Figura 6.

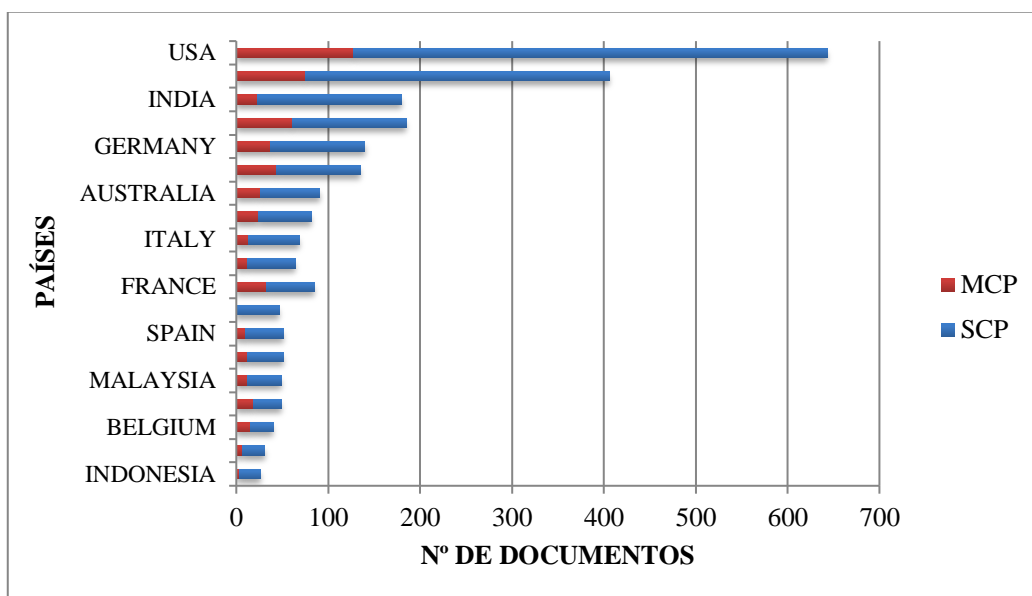


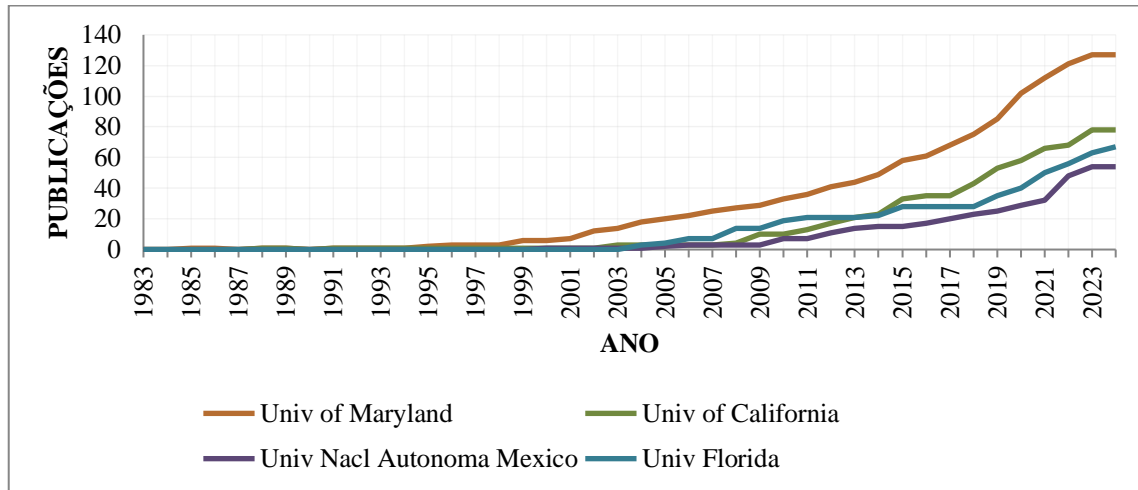
Figura 6 - Produções individuais e múltiplas dos países.

Fonte: Autoria própria (2024).

A multiplicidade entre nações é possível a partir da relação existente entre as instituições afiliadas nas publicações, como universidades, institutos de tecnologia e centros de pesquisa. Com a análise quantitativa da IA, encontraram-se 4.500 instituições com produção acerca da *string* de busca. Sendo assim, a Figura 7 reúne não somente as instituições mais relevantes, baseada no número de citações, como também as suas produções ao longo do tempo.

A Universidade de Maryland (UMD) dispara-se em primeiro lugar com 1.344 publicações, e 127 citações. Ela está localizada no condado de Baltimore, EUA, foi fundada em 1966 e está estabelecida na pesquisa científica com diversos programas institucionais e colaboração de organizações e centros de pesquisas, incluindo a NASA. Nota-se que a UMD amplia o número de publicações de maneira abrupta a partir de 1995, isto porque o corpo docente da instituição iniciou grandes pesquisas e garantiram diversas premiações de pesquisa, qual linha não decaiu ao longo do tempo (UMD, 2024). A UMD também foi destaque na pesquisa de Feitosa Junior *et al.* (2024) e Carroll *et al.* (2010) apresenta um panorama para permitir que os estudantes vivam e aprendam na comunidade de alta

tecnologia, inclusive com parcerias com a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos da América.



**Figura 7 - Produção ao longo do tempo das afiliações mais relevantes.**

*Fonte: Autoria própria (2024).*

Em segundo lugar, tem-se a Universidade da Califórnia (UC) com 674 publicações (Figura 7) e 78 citações, esta foi fundada em 1869 e atualmente possui mais de 220 mil estudantes. A UC investe na aprendizagem prática dos seus discentes com pesquisa e inovações (UC, 2024). Em terceira posição, encontra-se a Universidade da Flórida (UFL), com 576 publicações e 67 citações sobre sensoriamento remoto de florestas tropicais. Ela está localizada em Gainesville, é classificada como uma das cinco universidades públicas líderes em pesquisa e mais antiga dos EUA, fundada em 1853 (UFL, 2024). Por fim, a Universidade Nacional Autônoma do México (UNAM), com 390 publicações ao longo do período avaliado e 54 citações. Localizada na Cidade do México desde 1910, a UNAM possui mais de 300 mil alunos e é líder em pesquisas no país (UNAM, 2024).

A identificação de autores relevantes foi realizada localmente (Figura 8), avaliando a influência dentro da temática por meio do índice H. Parâmetros como citações (TC), número de publicações (NP) e ano inicial de publicação (PY) foram analisados para proporcionar uma compreensão abrangente da contribuição dos pesquisadores nesse campo (Campina-

López; Lorca-Marín; Heras Pérez, 2024). Ainda, é possível visualizar a contribuição científica ao longo do tempo, com considerações do número de artigos publicados e citações por ano destes. Na Figura 8, a interpretação baseia-se no tamanho das bolhas no gráfico, assim, quanto maior a bolha, maior o número de citações por ano do autor.

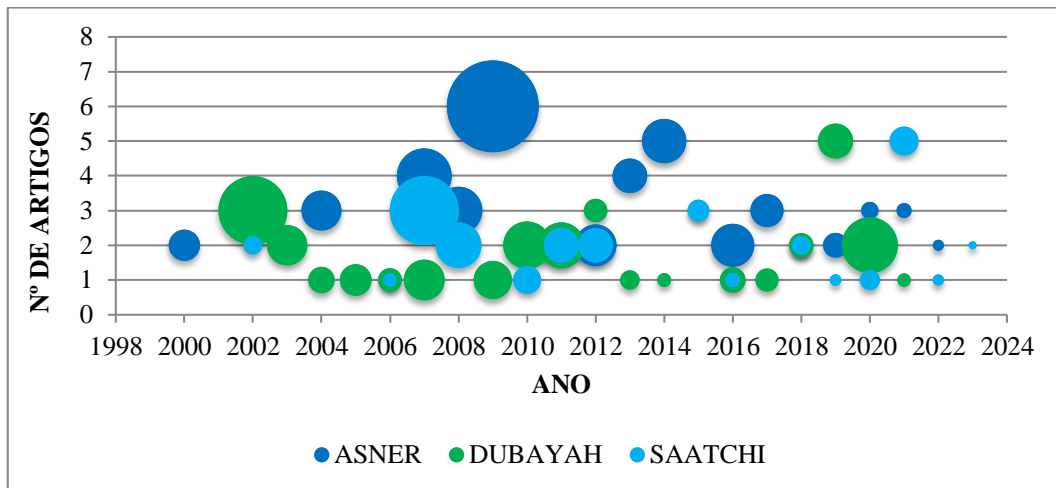


Figura 8 - Autores mais relevantes e produções ao longo do tempo.

Fonte: Autoria própria (2024).

O principal autor relevante é Gregory Asner, doutor em Filosofia, Meio Ambiente, População e Biologia Organísmica, lotado na Universidade de Stanford. Asner também é diretor do Centro de Descoberta Global e Ciência da Conservação (GDCS) na Universidade Estadual do Arizona e dedica-se à exploração de ecossistemas terrestres e marinhos (ASU, 2024), o que explica o alto índice de impacto H. Este pesquisador apresenta parcerias com diversos autores de todo o mundo (Feitosa Junior *et al.*, 2024).

Em seguida tem-se Ralph Dubayah, doutor em Geografia, lotado no Departamento de Ciências Geográficas na Universidade de Maryland, EUA, com segunda maior produção científica na área temática. Dubayah elabora estudos nas áreas de caracterização de ecossistemas para modelagem de carbono, análise espacial e sensoriamento remoto (UMD, 2024). Por fim, Sassan Saatchi, doutor em Eletrofísica e Matemática Aplicada, lotado na NASA/JPL (Laboratório de Propulsão a Jato) e professor adjunto na Universidade da Califórnia, em Los Angeles. Saatchi atua em pesquisas

sobre a captação de carbono em florestas tropicais, como Amazônia e Bacia do Congo, utilizando o sensoriamento remoto (NASA/JPL, 2024), o que corrobora com os estudos em florestas tropicais.

Os maiores destaques na Figura 8 são de publicações nos anos de 2022 (três documentos com 814 citações), 2007 (três artigos com 820 citações), e o maior em 2009 (seis trabalhos com 1.449 citações), com autorias de Dubayah, Saatchi e Asner, respectivamente. Isso indica que são estudos com bases extremamente essenciais sobre o sensoriamento em florestas tropicais, excepcionalmente úteis na escrita dos trabalhos nesta área. Ainda, dois dos autores mais relevantes estão lotados nas universidades mais referidas, a UMD e UC, verificadas previamente na Figura 7.

## Perspectiva Sistemática

Na revisão sistemática, devido ao grande número de artigos, optou-se por analisar os trabalhos assinados pelo autor mais relevante encontrado pela IA, conforme já citado na Metodologia. Dessa forma, o autor mais influente encontrado na lista “Most Relevant Authors” e na classe “Authors Local Impact” é o Dr. Gregory P. Asner, que possui 105.071 citações. Dr. Asner investiga as interações entre sociedade, clima e ecossistemas através de uma combinação de extenso estudo de campo, sensoriamento remoto aéreo por satélite e modelagem computacional. Seu trabalho revelou mudanças ecológicas em florestas e recifes de coral em todo o mundo (NAS, 2024).

Assim como na perspectiva bibliométrica, na perspectiva sistemática o Estados Unidos da América tem protagonismo no estudo da vegetação por diferentes instrumentos de sensoriamento remoto. Isso foi motivado pelo protagonismo pesquisador Gregory Asner. O pesquisador tem contribuições científicas a partir do uso de diversos produtos de sensoriamento remoto, sejam do tipo ativo ou passivo.

Além do exposto, foi identificado estudos do pesquisador Gregory Asner em países da América do Sul (Brasil, Peru, Bolívia, Equador), América Central (Costa Rica, Panamá), na África (Moçambique, África do Sul), na Ásia

(Taiwan, Malásia), Oceania (Austrália), dentre outros. Essa diversidade de pesquisa revela as parcerias internacionais do pesquisador (Asner *et al.*, 2016a; Levick *et al.*, 2012; Smit *et al.*, 2016; Asner *et al.*, 2023). Neste sentido, é essencial destacar que sete dos trabalhos com autoria de Asner incluíam mais de um país, razão pela qual os últimos 11 países citados existe a frequência de 1 artigo.

No que diz respeito aos tipos de sensores mais utilizados, a revisão sistemática mostrou o predomínio dos dados *Light Detection and Ranging* (LiDAR), com 43,1% entre os documentos mapeados. O LiDAR avança da análise da vegetação pois possibilita a análise de padrões espaciais, altura, a estrutura tridimensional das plantas, estrutura do dossel, a área basal, biomassa e estoques de carbono (Levick *et al.*, 2012; Martello *et al.*, 2022). Ademais, o uso de imagens LiDAR é, por muitas vezes, fundido com outros sistemas de captação para florestas tropicais, o que tem sido um desafio para encontrar alta precisão de dados (Asner *et al.*, 2012; Asner *et al.*, 2016b; Balzotti *et al.*, 2020). Como referido, este é um dos campos de atuação do autor mais proeminente nesta revisão, o Dr. Gregory Asner, que possui pesquisas que estão na fronteira do conhecimento sobre o uso do LiDAR (NAS, 2024).

Como completo, o instrumento identificado em destaque no Brasil é o *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT) (58,3%) e suas atualizações mais recentes, citados em 7 documentos. Essa ferramenta permite maior qualidade de resolução espacial e quantidade de dados disponibilizados (Feitosa Júnior *et al.*, 2024). A Amazônia, maior floresta tropical no Brasil, está sendo monitorada com ajuda destes satélites desde 1998 pelo experimento *Large-Scale Biosphere-Atmosphere* (LBA), elaborado por instituições de vários países (MCTI, 2023). Ele evidenciou a propagação da degradação, taxas de fixação de carbono, uso e cobertura do solo, crescimento vegetativo, dinâmica de nutrientes e a grande variabilidade genética deste ecossistema (Keller *et al.*, 2004; Asner *et al.*, 2005). Logo em seguida, o satélite MODIS e o laser LiDAR, com 3 (25%) citações.

## Considerações finais

Diante exposto, verificou-se que a revisão de literatura, a partir das perspectivas bibliométrica e sistemática permitiu identificar diferentes campos de estudo acerca da temática selecionada, infere um aparato em contexto local, regional e global, com análises e critérios de avaliação de acordo com a busca do pesquisador. Além da visão geográfica da distribuição científica, permite o entendimento das aplicações realizadas pelos especialistas, identificação de áreas emergentes e lacunas a serem preenchidas. A utilização bilateral da ferramenta de IA e da metodologia PRISMA facilitou a elucidação estatística dos 3.115 estudos e análise qualitativa de especificidades visualizadas nos 58 artigos sob perspectiva sistemática.

Os países mais relevantes nas publicações sobre sensoriamento remoto das florestas tropicais, no período dos últimos 40 anos são os Estados Unidos, Brasil e Índia, sendo os autores mais relevantes Gregory Asner, Ralph Dubayah e Sassan Saatchi. Notou-se o colonialismo dos Estados Unidos da América na publicação dos trabalhos, colaboração ativa entre países e no desenvolvimento de programas de sensoriamento remoto, nos quais o autor mais relevante, Asner, está incluído. Percebeu-se que há maior desenvolvimento de ferramentas de captação de sensores passivos, resultando em maior variabilidade e possibilidade para estudos de captação das florestas tropicais. Em contrapartida, o desenvolvimento de instrumentos com captação ativa é restrito ao desenvolvimento do laser LiDAR, o qual supre as necessidades atuais e pode ser utilizado em conjunto com outros equipamentos.

## Referências

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. Acesso em: 20 out. 2023.

ASNER, G. P. Ecosystem structure throughout the Brazilian Amazon from Landsat observations and automated spectral unmixing. *Earth Interact*, v. 9, n. 1, p. 1-31, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/EI134.1>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ASNER, G. P. et al. Carnegie Airborne Observatory-2: Increasing science data dimensionality via high-fidelity multi-sensor fusion. *Remote Sensing of Environment*, v. 124, n. 1, p. 454-465, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.06.012>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ASNER, G. P. et al. Ecosystem-scale effects of megafauna in African savannas. *Ecography*, v. 39, n. 2, p. 240-252, 2016a. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ecog.01640>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ASNER, G. P. et al. Scale dependence of canopy trait distributions along a tropical forest elevation gradient. *New Phytologist*, v. 214, n. 3, p. 973-988, 2016b. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.14068>. Acesso em: 23 mai. 2024.

ASU. *Arizona State University*. 2024. Disponível em: <https://www.asu.edu/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

BALZOTTI, C. S. et al. Spatial drivers of composition and connectivity across endangered tropical dry forests. *Journal of Applied Ecology*, v. 57, n. 8, p. 1593-1604. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13632>. Acesso em: 23 mai. 2024.

BEAMISH, A. et al. Recent trends and remaining challenges for optical remote sensing of Arctic tundra vegetation: A review and outlook. *Remote Sensing of Environment*, v. 246, n. 1, p. 1-17, 2020.

CAMPINA-LÓPEZ, A. C.; LORCA-MARÍN, A. A.; HERAS-PÉREZ, M. A. de las. Indagación, modelización y pensamiento computacional: Un análisis bibliométrico con el uso de Bibliometrix através de Biblioshiny. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v.21, n. 1, p. 1-16, 2024.

CARROLL, V. G. et al. Changing lives: The Baltimore City Community College life sciences partnership with the University of Maryland, Baltimore. *Community College Journal of Research and Practice*, v. 34, n. 11, p. 936-938, 2010.

DALAGNOL, R. et al. Mapping tropical forest degradation with deep learning and Planet NICFI data. *Remote Sensing of Environment*, v. 298, n. 1, p. 1-18, 2023.

DONG, Y. et al. A century of science: Globalization of scientific collaborations, citations, and innovations. In: PROCEEDINGS OF THE 23RD ACM SIG KDD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, Halifax NS Canada, 2017. *Conferência*. New York: Association for Computing Machinery, 2017. p. 1437-1446.

FEITOSA JUNIOR, F. R. et al. Remote sensing applied to the study of fire in savannas: A literature review. *Ecological Informatics*, v. 79, n. 1, p. 1-15, 2024.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

GAO, S. et al. Evaluating the saturation effect of vegetation indices in forests using 3D radiative transfer simulations and satellite observations. *Remote Sensing of Environment*, v. 295, n. 1, p. 1-18, 2023.

GAO, L. et al. Remote sensing algorithms for estimation of fractional vegetation cover using pure vegetation index values: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 159, n. 1, p. 364-377, 2020. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271619302783?via%3Dihub>. Acesso em: 20 out. 2023.

GUEDES, J. C. F.; SILVA, M. P. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: princípios físicos, sensores e métodos. *ACTA Geográfica*, v. 12, n. 29, p. 127-144, 2018. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/view/4001>. Acesso em: 20 out. 2023.

HOAGLAND, S. L. *Giving testimony and the coloniality of knowledge*. 2010.

HUSSAIN, S. et al. Relation of land surface temperature with different vegetation indices using multi-temporal remote sensing data in Sahiwal region, Pakistan. *Geoscience Letters*, v. 10, n. 1, p. 33, 2023.

KELLER, M. Ecological research in the Large-Scale Biosphere-Atmosphere experiment in Amazonia: early results. *Ecological Applications*, v. 14, n. 4, p.3-16, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/03-6003>. Acesso em: 23 mai. 2024.

LAUXEN, R. Juntar dois .bib, exportar para .xlsx e importar para biblioshiny(), usando R. *Youtube*. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FSfpqJVg2-k>. Acesso em: 10 ago. 2023.

LEVICK, S. R.; ASNER, G. P.; SMIT, I. P. J. Spatial patterns in the effects of fire on savanna vegetation three-dimensional structure. *Ecological Applications*, v. 22, n. 8, p. 2110-2121, 2012.

LINNENLUECKE, M.; MARRONE, M.; SINGH, A. K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of Management*, v. 45, n. 2, p. 175-194, 2020.

MARTINS, S. et al. Processamento digital de imagens para mapeamento de uso e cobertura da terra: uma revisão de literatura. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 9, n. 2, p. 131-143, 2023.

MARTELLO, M. et al. Estimativa de altura de um teste clonal de Eucalyptus em diferentes idades utilizando imagens aéreas de baixa altitude. *Scientia Forestalis*, v. 50, p. 1-13, 2022.

MCTI. Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia. *Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação*. 2023. Disponível em: <https://programalba.cloud/index.php/apresentacao>. Acesso em: 23 mai. 2024.

NA REDE, Geotecnologias. Baixar e unir dados das bases Scopus e Web of Science para Biblioshiny através do R Merge Scopus and WoS. *Youtube*. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CP0z2hU0mxM>. Acesso em: 10 ago. 2023.

NAS. Gregory P. Asner. *National Academy of Sciences*. 2024. Disponível em: <https://www.nasonline.org/member-directory/members/20009708.html>. Acesso em: 23 mai. 2024.

NASA/JPL. Sassan Saatchi. *Jet Propulsion Laboratory*. 2024. Disponível em: <https://science.jpl.nasa.gov/people/saatchi/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

PAN, R. K.; KASKI, K.; FORTUNATO, S. World citation and collaboration networks: uncovering the role of geography in science. *Scientific reports*, v. 2, n. 1, p. 902, 2012.

PRISMA. *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*. 2024. Disponível em: <https://www.prisma-statement.org/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SILVA, M. S. T.; OLIVEIRA, V. M; CORREIA, S. E. N. Mapeamento científico na Scopus com o Biblioshiny: Uma análise bibliométrica das tensões organizacionais. *Contextus*, v. 20, n. 5, p. 54-71, 2022.

SZOMSZOR, M. et al. Interpreting Bibliometric data. *Front. Metr. Anal.*, v. 5, n. 628703, p. 1-20, 2021.

SMIT, I. P. J. et al. An examination of the potential efficacy of high-intensity fires for reversing woody encroachment in savannas. *Journal of Applied Ecology*, v. 53, n. 5, p. 1623-1633, 2016.

UC. *University of California*. 2024. Disponível em:  
<https://www.universityofcalifornia.edu/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

UFL. *University of Florida*. 2024. Disponível em:  
<https://www.ufl.edu/about/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

UMD. *University of Maryland*. 2024. Disponível em: <https://umd.edu/>.  
Acesso em: 11 abr. 2024.

UNAM. *Universidad Nacional Autónoma de México*. 2024. Disponível em: <https://www.unam.mx/>. Acesso em: 14 mai. 2024.

Yan, K. et al. Evaluation of the vegetation-index-based dimidiated pixel model for fractional vegetation cover estimation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 60, n. 4400514, p. 1-14, 2021.

ZHANG, J.; OKIN, G. S.; ZHOU, B. Assimilating optical satellite remote sensing images and field data to predict surface indicators in the Western U.S.: Assessing error in satellite predictions based on large geographical datasets with the use of machine learning. *Remote Sensing of Environment*, v. 233, n. 1, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425719304018?via%3Dihub>. Acesso em: 11 out. 2023.

---

### **Luísa Oliveira Pereira**

Graduanda em Engenharia Ambiental e da Sustentabilidade e Bacharela Interdisciplinar em Ciências pela Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB). Atua principalmente nos seguintes temas: educação ambiental, modelagem ambiental e sensoriamento remoto.

E-mail: [luisa.olipr@gmail.com](mailto:luisa.olipr@gmail.com)

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/9717622050925612>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0089-5652>

### **Alex Mota dos Santos**

Graduado em Sensoriamento Remoto (CEFET/GO), com complementação em Geografia (Claretiano), mestrado (UFG) e doutorado (UFPR) em Geografia. Realiza ações continuadas de extensão universitária para alfabetização em ciência. Na pesquisa, ao nível da Iniciação científica, do mestrado (PPGTGS/IFG e PPG-Biossistemas) e do doutorado (PPG-Biossistemas/UFSB), realiza aplicação da modelagem ambiental e aprendizado de máquina para compreender processos físicos e socioeconômicos que ocorrem na superfície terrestre. Criou e coordena o Projeto de Extensão Geotecnologias no YouTube.

E-mail: [alexmota@ufsb.edu.br](mailto:alexmota@ufsb.edu.br)

Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/1052954621703195>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5156-3968>

---

Recebido para publicação em novembro de 2024.

Aprovado para publicação em outubro de 2025.