Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.15, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

USABILIDADE DA FERRAMENTA *GOOGLE EARTH ENGINE* (GEE) PARA FINS DE MONITORAMENTO E COMBATE AO DESMATAMENTO NA REGIÃO AMAZÔNICA

USABILITY OF THE *GOOGLE EARTH ENGINE* (GEE) TOOL FOR MONITORING AND COMBATING DEFORESTATION IN THE AMAZON REGION

Luís Fernando Cirqueira da Silva Correia
Mestre, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: luis.correia@discente.ufma.br

Jennifer da Cruz Arouche Silva
E-mail: jennifer.aruche@discente.ufma.br

Mestre, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Luzidelma do Nascimento Freitas Rocha
Mestre, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
E-mail: luzidelma.rocha@discente.ufma.br

Kaio da Silva Bandeira
Mestre, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: kaiobiolog202@gmail.com

Recebido: 01/08/2025 – Aceito: 12/08/2025

Resumo

A região amazônica constitui um patrimônio ambiental de relevância global, cuja integridade vem sendo ameaçada pelo desmatamento ilegal e pelo uso inadequado do solo. Diante desse cenário, o uso de tecnologias de sensoriamento remoto tem se mostrado fundamental no enfrentamento desses desafios. Assim, o presente artigo analisa a usabilidade da ferramenta Google Earth Engine (GEE) como instrumento estratégico no monitoramento e combate ao desmatamento na Amazônia. A pesquisa adotou uma metodologia baseada em revisão bibliográfica, utilizando bases como Scopus, SciELO, CAPES e Web of Science, com critérios de seleção que priorizaram estudos entre 2017 e 2023 que abordam o uso do GEE em áreas de floresta. Os resultados demonstram que o GEE se destaca por sua interface acessível, alta capacidade de processamento em nuvem e ampla base de dados satelitais, como Landsat, MODIS e Sentinel, permitindo análises em tempo quase real. A ferramenta tem sido aplicada com sucesso em mapeamentos de uso e cobertura do solo, identificação de áreas críticas e apoio à tomada de decisão por órgãos públicos, ONGs e pesquisadores. Além disso, apresenta baixo custo operacional e pode ser utilizada mesmo por usuários com conhecimentos técnicos limitados. A análise reforça o papel do GEE como facilitador

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

da gestão ambiental baseada em evidências, promovendo a transparência e a eficiência nas ações de fiscalização e planejamento territorial. Conclui-se que o GEE é uma ferramenta promissora para a preservação da floresta amazônica, contribuindo para a redução do desmatamento e para o fortalecimento das políticas públicas ambientais.

Palavras-chave: Google Earth Engine; desmatamento; Amazônia; sensoriamento remoto; monitoramento ambiental.

Abstract

The Amazon region represents an environmental heritage of global significance, whose integrity has been increasingly threatened by illegal deforestation and the improper use of land. In this context, the use of remote sensing technologies has proven essential in addressing these challenges. This article analyzes the usability of the Google Earth Engine (GEE) tool as a strategic instrument for monitoring and combating deforestation in the Amazon. The research adopted a methodology based on a literature review, using databases such as Scopus, SciELO, CAPES, and Web of Science. Selection criteria prioritized studies published between 2017 and 2023 that focused on the use of GEE in forest areas. The results show that GEE stands out for its user-friendly interface, high cloud processing capacity, and extensive satellite data repository, including Landsat, MODIS, and Sentinel, enabling near real-time analysis. The tool has been successfully applied in land use and land cover mapping, identification of critical areas, and decision-making support for public agencies, NGOs, and researchers. Furthermore, it presents low operational costs and can be used even by users with limited technical knowledge. The analysis reinforces the role of GEE as a facilitator of evidence-based environmental management, promoting transparency and efficiency in enforcement and territorial planning actions. It is concluded that GEE is a promising tool for the preservation of the Amazon rainforest, contributing to the reduction of deforestation and the strengthening of environmental public policies.

Keywords: Google Earth Engine; deforestation; Amazon; remote sensing; environmental monitoring.

1. Introdução

Amazônia pode ser considerada um patrimônio nacional, e a utilização dos

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

recursos presentes no bioma devem ser feitos de uma forma que seja assegurada a preservação ambiental, inclusive no que se refere aos recursos naturais (BRASIL, 1988). É de conhecimento geral a demanda por produtos florestais madeireiros e não madeireiros, dessa forma o desmatamento em áreas de floresta vem a ser o principal causador da perda dos serviços ambientais que são essenciais para o mundo inteiro.

Entre esses serviços, pode-se incluir a manutenção da biodiversidade, redução do aquecimento global e ciclagem de água e nutrientes (Fearnside, 2017; Lovejoy & Nobre, 2018).

Considerado um recurso promissor no enfrentamento ao desmatamento ilegal e à degradação do solo na Amazônia, o sensoriamento remoto tem se consolidado como um importante aliado na prevenção desses impactos recorrentes na região. Nesse contexto, destaca-se o Google Earth Engine, uma plataforma em nuvem voltada ao processamento de grandes volumes de dados geoespaciais, permitindo análises em larga escala com elevada eficiência computacional.

Esta plataforma consiste em um catálogo de vários petabytes de dados acessíveis de forma gratuita que incluem todo o catálogo Landsat (USGS/NASA), vários conjuntos de dados MODIS, dados das missões Sentinel 1 a 5, dados de precipitação, temperatura do ar e mar, dados climáticos e dados de elevação do terreno (GEE, 2020).

1.1 Objetivos Gerais

Analisar os benefícios e potencialidades da utilização do Google Earth Engine (GEE) como ferramenta estratégica no monitoramento e combate ao desmatamento em áreas de floresta.

2. Revisão da Literatura

2.1 Plataforma Google Earth Engine

Lançado em 2005 pelo Google, tornou-se a ferramenta de globo virtual mais popular e bem-sucedida e pode efetivamente abordar o primeiro desafio

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

mencionado acima (Yu & Gong, 2012). No entanto, produtos semelhantes, como o NASA World Wind lançado em 2004, *Microsoft Virtual Earth*, lançado em 2005 que atualmente é o Bing Maps Platform, o ESRI *ArcGIS Explorer*, lançado em 2006 e o *Cesium*, lançado em 2012 (Liang; Gong & Li, 2018).

O conceito de Digital Earth (Virtual Earth) foi inicialmente proposto pelo ex-vice-presidente dos EUA Al Gore em 1998 e foi descrito como um globo virtual tridimensional gerado por computador com funções de visualização que era fácil de usar, era interoperável e poderia ser usado para modelagem e simulação (Goodchild, 2008).

De acordo com Kumar e Mutanga, (2018) e Parente *et al.,* (2019), os principais objetivos da plataforma GEE são:

a) Ter uma plataforma dinâmica que facilite o desenvolvimento de algoritmos em larga escala;
b) Promover pesquisas de alto impacto, fornecendo acesso livre e aberto;
c) Fazer parte do progresso e das soluções para a demanda global e gestão de big data.

Entre as ferramentas de globo virtual descritas acima, o Google Earth (GE) provou ser o mais popular e tem vantagens em termos de visualização, facilidade de acesso a uma ampla gama de dados geoespaciais e um sistema de coordenadas unificado, no entanto, ainda necessita de extensibilidade (Yu & Gong, 2012).

O Google Earth Engine, é uma plataforma de computação em nuvem que foi lançada pelo Google em 2010 por Amani *et al.,* (2020). Desde então, o GEE demonstrou sua capacidade de abordar o segundo desafio listado no início desta seção. O GEE permite a computação em nuvem e é uma ferramenta eficaz para realizar a análise de big data geoespacial global.

O Google Earth Engine possui um vasto catálogo em escala de petabytes. Ele reúne informações dos satélites Landsat, Sentinel e MODIS e dados sobre modelos climáticos, temperatura e características geofísicas (Gorelick, 2017) e (Padarin; Minasny & McBratney, 2015).

Outras plataformas de nuvem que podem ser usadas para processar big

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

data geoespacial incluem *Amazon Web Services* (AWS), lançada em 2006 e *Microsoft Azure* lançado em 2010 (Tamiminia *et al.,* (2020). Comparado com outras plataformas de nuvem, o Google Earth Engine suporta mais tipos de dados geoespaciais por exemplo, Sentinel e dados Landsat iniciais e fornece serviços gratuitos para todos os usuários, o que é especialmente importante em países menos desenvolvidos.

GE e GEE podem ser combinados para uso como uma plataforma acoplada para conduzir estudos de ciência do sistema terrestre e ambos são ferramentas eficazes para abordar os desafios enfrentados pelos Sistema de Informação Geográfica (SIG) tradicionais que foram propostos por Yu e Gong (2012).

Embora o Google Earth e Google Earth Engine atendam às necessidades de pesquisa sobre mudanças ambientais globais até certo ponto, ferramentas que podem abordar completamente os desafios propostos por Yu e Gong (2012) ainda não surgiram, e o progresso da ciência do sistema terrestre ainda enfrenta desafios.

2.2 Desmatamento em áreas de floresta

A diminuição das florestas naturais em escala global tem sido impulsionada, majoritariamente, por atividades antrópicas como os incêndios florestais, o corte seletivo ou indiscriminado de árvores com fins comerciais, a conversão de áreas vegetadas para a agropecuária, além de eventos naturais ocasionais.

Historicamente, a exploração dos recursos florestais tem atendido a diferentes demandas humanas, como a obtenção de energia, a construção civil e a expansão de áreas agrícolas. Em termos estruturais, os processos de desmatamento observados nas regiões tropicais contemporâneas apresentam semelhanças com aqueles registrados nas zonas temperadas durante os períodos de colonização e expansão agrícola.

Atualmente, a exploração madeireira em países desenvolvidos siga práticas de manejo florestal sustentável, essa realidade ainda não é amplamente verificada em diversas nações em desenvolvimento, onde a pressão econômica e a ausência de políticas eficazes contribuem para a degradação contínua dos ecossistemas

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

florestais.

A exploração madeireira na região amazônica brasileira tem contribuído significativamente para a redução de espécies arbóreas produtoras de madeira de alto valor comercial, como o mogno (*Swietenia macrophylla*), o acapu (*Vouacapoua americana*) e a virola (*Virola spp.*), resultando em perdas consideráveis de biodiversidade (Castro, 2005).

O desmatamento em áreas tropicais é um fenômeno multifacetado, cujas causas ainda não são plenamente compreendidas, em parte devido à complexidade dos fatores envolvidos. A análise dessas causas pode ser comprometida por obstáculos metodológicos e estruturais, como a escassez ou baixa confiabilidade dos dados, a diversidade de abordagens analíticas (normativas, estatísticas, estruturais), as diferentes escalas de investigação (local, nacional ou transnacional), bem como pela dificuldade em diferenciar o desmatamento propriamente dito da expansão agropecuária e da extração seletiva de madeira.

Conforme apontado por Geist e Lambin (2001), os processos de degradação florestal em regiões tropicais não podem ser atribuídos a uma única causa isolada, pelo contrário, trata-se de uma convergência de fatores, tais como a expansão das fronteiras agrícolas, a intensificação da atividade madeireira, o crescimento demográfico, a abertura de vias de acesso e as fragilidades institucionais. A interação entre esses elementos varia conforme o contexto socioeconômico e ambiental, tanto no tempo quanto no espaço, o que reforça a complexidade da dinâmica de uso do solo.

Diante dessa diversidade de condicionantes, torna-se desafiador estabelecer políticas públicas que sejam efetivas na contenção do desmatamento (Folmer; Kooten, 2006), a esse respeito, Scrieciu (2004), ao analisar as causas do desmatamento em cinquenta países ao longo de dezoito anos por meio de modelos universais, evidenciou as limitações das abordagens globais, seus resultados indicam que os determinantes do desmatamento são altamente contextuais, variando de acordo com as especificidades socioambientais e institucionais de cada território.

A partir dessa constatação, o autor reforça a necessidade de análises mais

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

desagregadas e contextualmente sensíveis na perspectiva igualmente defendida por Geist e Lambin (2001) e por Folmer e Kooten (2006). Com base nisso, variáveis como a dinâmica do mercado madeireiro, avanço da fronteira agrícola, desigualdade na distribuição de renda e níveis de governança institucional têm ocupado posição central nas discussões sobre os principais indutores do desmatamento (Angelsen; Kaimowitz, 1999).

Adicionalmente, evidencia-se que os fatores políticos e institucionais, possuem falhas na formulação e implementação de políticas públicas e, exercem influência sobre a perda de cobertura florestal do que as falhas típicas de mercado. Conforme argumenta Mendelsohn (1994), afirma que decisões estatais sejam elas intencionais ou fruto de omissões podem acelerar o desmatamento, com impactos negativos sobre o bem-estar coletivo e serviços ecossistêmicos.

Conforme (Binswanger, 1989), entre os principais mecanismos institucionais que contribuem para esse cenário, destacam-se:

1) Concessão a supressão de vegetação nativa;

2) Proteção a setores florestais nacionais ineficientes;

3) Incentivos financeiros à pecuária com o objetivo de favorecer o comércio exterior;

4) Oferta de isenções tributárias e acesso facilitado ao crédito rural;

5) Desoneração fiscal sobre rendimentos oriundos da atividade agrícola;

6) Disponibilização de crédito agrícola subsidiado sem condicionantes ambientais;

7) Políticas fundiárias que favorecem grandes proprietários ou exigem a realização de benfeitorias como critério de posse legítima;

8) Programas de migração interna que promovem ocupações em áreas ambientalmente sensíveis (Binswanger, 1989).

Essas falhas institucionais, ao priorizarem interesses econômicos de curto prazo, frequentemente negligenciam os impactos ecológicos e sociais de longo prazo, comprometendo a sustentabilidade dos territórios florestais e dificultando a implementação de modelos de desenvolvimento ambientalmente responsáveis.

2.3 Relevância Cientifica da Plataforma GEE

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

Um trabalho realizado por Velastegui-Montoya *et al.*, (2023), destaca que este campo de estudo se divide em dois períodos de análise: Introdução (2011-2016) e Crescimento (2017-2022). O ‘‘Período I’’, corresponde a uma fase com menor número de publicações por ano, refere-se à curva de aprendizado do uso e das aplicações do Google Earth Engine. Contudo, o ‘‘Período II’’, apresenta um maior número de documentos e citações por ano, o que está relacionado ao desenvolvimento das diversas aplicações de plataformas.

Período I — Introdução (2011–2016): As 37 publicações iniciais nesta área de estudo equivalem a 1,32% do total. Em 2012, não foram registradas publicações sobre GEE, revelando a curva natural de aprendizado e adaptação à nova plataforma GEE.

Período II — Crescimento (2017–2022): A maior quantidade de literatura científica na área de estudo se desenvolveu nestes últimos seis anos, com 2763 publicações (98,68%). Elas estavam mostrando um aumento expressivo e constante na produção científica.

Dessa forma, o trabalho realizado por Velastegui-Montoya *et al.,* (2023) aponta que maior quantidade de produções no campo da literatura científica na área de estudo se desenvolveu nos últimos seis anos, com 2763 publicações (98,68%). Sendo que as publicações e citações mais significativas vieram de dois periódicos:

i. Sensoriamento Remoto;
ii. Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente.

Metodologia

O presente estudo segue a abordagem metodológica descrita por Casarin *et al.*, (2022), que define as pesquisas como sínteses de literatura, buscando identificar o estado da arte de um tema específico, além de mapear as lacunas existentes.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

Desta forma, o objetivo central foi investigar a produção científica relacionada a usabilidade da ferramenta Google Earth Engine no combate ao desmatamento em áreas de floresta. A pesquisa se desenvolveu nas seguintes etapas:

Etapa 1: Delimitação do eixo temático: o eixo temático foi estabelecido como "Usabilidade da ferramenta Google Earth Engine no combate ao desmatamento em áreas de floresta".

Etapa 2: Coleta de dados: os dados foram coletados em base de dados reconhecidas como Scielo, Web Of Science, Periódicos CAPS e Google acadêmica. Definiu-se critérios de inclusão para selecionar os artigos mais relevantes, priorizando estudos que abordassem o uso das ferramentas "Google Earth Engine", "Desmatamento", "Florestas", "Sensores remotos".

Critérios de Seleção dos Artigos para garantir a relevância dos estudos analisados, foram adotados os seguintes critérios:

- Publicações entre os anos 2001 e 2023 para construção do embasamento teórico do estudo e entre os anos de 2017 e 2023 para analisar especificamente as ferramentas;
- Produções científicas que abordem a questão da utilização da plataforma *Google Earth Engine* e o desmatamento em áreas de floresta.

Etapa 3: Análise dos Dados dos artigos selecionados foram analisados de forma qualitativa, seguindo uma metodologia adaptada de Methodi Ordinatio para Pagani *et al., (*2015).

A análise manteve seu foco em descrever e avaliar a efetividade da ferramenta GEE no combate ao desmatamento em áreas de floresta.

3. Considerações Finais

A plataforma Google Earth Engine apresenta alta capacidade de processamento e análise de grandes volumes de dados socioambientais, sendo amplamente empregada no monitoramento de fenômenos de elevada relevância, como o desmatamento, eventos de seca, desastres naturais, surtos de doenças,

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

segurança alimentar, gestão hídrica, variações climáticas e conservação ambiental. Além disso, a plataforma oferece suporte para a disseminação dos resultados obtidos, facilitando a comunicação entre pesquisadores, formuladores de políticas públicas, organizações não governamentais, agentes locais e o público em geral (Gorelick *et al.,* 2017).

A aplicação do GEE tem sido crescente em pesquisas desenvolvidas com Unidades de Conservação, contribuindo de maneira significativa para a geração de diagnósticos ambientais. Adicionalmente, sua utilização viabiliza a produção de mapeamentos sobre o uso e a cobertura da terra em escalas regionais e nacionais, fortalecendo iniciativas voltadas ao planejamento territorial e à gestão ambiental (Silva *et al.,* 2011).

Nesse contexto, a análise ambiental baseada em dados geoespaciais, como os mapeamentos de uso e cobertura do solo, configura-se como um instrumento estratégico para a gestão sustentável dos recursos naturais, permitindo a identificação de áreas com potencial de uso e de regiões sujeitas a riscos ambientais, subsidiando ações de manejo e conservação.

Atualmente, plataformas baseadas em computação em nuvem, como o Google Earth Engine, possibilitam a realização de diversas análises espaciais para uma mesma região, de forma ágil e com custos reduzidos. Sua estrutura operativa, acessível por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (API) integrada a um Ambiente de Desenvolvimento Interativo (IDE) via navegador web, permite a rápida criação de protótipos analíticos e a visualização imediata dos resultados, mesmo por usuários que não possuam conhecimentos avançados em programação ou desenvolvimento de sistemas.

A ampla disponibilidade de dados geoespaciais atualizados constantemente, combinada à elevada capacidade de processamento do GEE, reforça seu potencial como uma ferramenta estratégica no monitoramento ambiental. No contexto da Amazônia, sua aplicação se mostra especialmente promissora no enfrentamento ao desmatamento, ao viabilizar a geração de informações precisas e em tempo quase real para apoiar ações de fiscalização e planejamento territorial.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/7dt9d641

Referências

ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Research Observer*, v. 14, n. 1, p. 73–98, 1999.

AMANI, M. et al. Plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine para aplicações de big data de sensoriamento remoto: uma revisão abrangente. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, v. 13, p. 5326–5350, 2020.

BINSWANGER, H. P. Brazilian policies that encourage deforestation in the Amazon. Washington: World Bank, 1989.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1988.

CASARIN, D. E. et al. Diabetes mellitus: causas, tratamento e prevenção. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 2, p. 10062–10075, 2022.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*, v. 8, n. 2, p. 5–39, dez. 2005.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia. In: WOHL, E. (ed.). *Oxford bibliographies in environmental science*. Oxford: Oxford University Press, 2017. p. 1–33.

FOLMER, H.; KOOTEN, G. C. Deforestation. University of Victoria, Department of Economics. *Resource Economics and Policy Analysis (REPA) Working Paper*, 2006. Disponível em: http://ideas.repec.org/p/rep/wpaper/2006-06.html. Acesso em: 10 jul. 2008.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. What drives tropical deforestation? *LUCC Report Series*, n. 4. Land Use and Land Cover Change, International Geosphere-Biosphere Programme, 2001.

GEE. Google Earth Engine: what is Earth Engine? 2020. Disponível em: https://earthengine.google.com/. Acesso em: 23 jun. 2023.

GOODCHILD, M. F. Os casos de uso da Terra Digital. *International Journal of Digital Earth*, v. 1, p. 31–42, 2008.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017.

KUMAR, L.; MUTANGA, O. Aplicações do Google Earth Engine desde o início: uso, tendências e potencial. *Remote Sensing*, v. 10, n. 1509, 2018.

LIANG, J.; GONG, J.; LI, W. Aplicações e impactos do Google Earth: uma revisão decadal (2006–2016). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 146, p. 91–107, 2018.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. *Science Advances*, v. 4, n. 2, eaat2340, 2018.

MENDELSOHN, R. Property rights and tropical deforestation. *Oxford Economic Papers*, v. 46, p. 750–756, 1994.

PADARIAN, J.; MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. Using Google's cloud-based platform for digital soil mapping. *Computers & Geosciences*, v. 83, p. 80–88, 2015.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PARENTE, L. et al. Mapeamento de próxima geração: combinando aprendizado profundo, computação em nuvem e big data de sensoriamento remoto. *Remote Sensing*, v. 11, n. 2881, 2019.

SCRIECIU, S. S. Determinants of tropical deforestation: the role of remote sensing and econometric approaches. In: *10th International Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists*, Budapest, 2004.

SILVA, J. S. V. et al. Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64 p.

TAMIMINIA, H. et al. Google Earth Engine para aplicações de geo-big data: uma meta-análise e revisão sistemática. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 164, p. 152–170, 2020.

VELASTEGUI-MONTOYA, A. et al. Google Earth Engine: uma análise global e tendências futuras. *Sensoriamento Remoto*, v. 15, n. 14, p. 3675, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/rs15143675.

YU, L.; GONG, P. Google Earth como ferramenta de globo virtual para aplicações de ciências da Terra em escala global: progresso e perspectivas. *International Journal of Remote Sensing*, v. 33, p. 3966–3986, 2012.