

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

RAFAEL FACANALI CASTRO

**UMA AVALIAÇÃO DO BIOMA CERRADO FUNDAMENTADA NA TEORIA DA
TRANSIÇÃO FLORESTAL**

Sorocaba
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

RAFAEL FACANALI CASTRO

**UMA AVALIAÇÃO DO BIOMA CERRADO FUNDAMENTADA NA TEORIA DA
TRANSIÇÃO FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
da Universidade Federal de São Carlos,
campus Sorocaba, para obtenção do título/grau
de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientação: Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo

Sorocaba
2025

Castro, Rafael Facanli

Uma avaliação do bioma Cerrado fundamentada na Teoria da Transição Florestal / Rafael Facanli Castro -- 2025.
41f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Cassiano Bragagnolo

Banca Examinadora: Mariusa Momenti Pitelli, Ricardo Muniz Simões

Bibliografia

1. Cerrado. 2. Transição florestal. 3. Conservação ambiental. I. Castro, Rafael Facanli. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979

RAFAEL FACANALI CASTRO

**UMA AVALIAÇÃO DO BIOMA CERRADO FUNDAMENTADA NA TEORIA DA
TRANSIÇÃO FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título/grau de bacharel em Ciências Econômicas.
Universidade Federal de São Carlos.

Sorocaba, 18 de fevereiro de 2025

Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo
Orientador(a)



Documento assinado digitalmente
CASSIANO BRAGAGNOLO
Data: 18/02/2025 11:49:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Mariusa Momenti Pitelli
Examinador(a)



Documento assinado digitalmente
MARIUSA MOMENTI PITELLI
Data: 18/02/2025 13:54:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Ricardo Muniz Simões
Examinador(a)



Documento assinado digitalmente
RICARDO MUNIZ SIMOES
Data: 18/02/2025 13:12:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus avós, pelos
quais tenho profunda admiração,*

*aos meus pais e irmãos, que me fizeram
chegar até aqui,*

*e à minha companheira de vida, Julliana, que
é a razão pela qual eu nunca
hesito em seguir em frente.*

Eu amo vocês!

AGRADECIMENTO

Agradeço a todo o corpo docente da Universidade Federal de São Carlos que fez parte da minha formação, e especialmente ao professor doutor Cassiano pelo tempo e esforço dedicado a me orientar na realização desta monografia. Todos foram peças fundamentais para a minha formação e tenho certeza que contarei sempre com uma dose de inspiração nos ensinamentos de cada um de vocês, seja para a minha vida pessoal ou profissional.

Agradeço também aos amigos que fiz pelo caminho e que muito me ajudaram nessa jornada, tornando-a muito mais enriquecedora e divertida. Gabriel, Enrico e Daniel, vocês são pessoas excepcionais que levarei como irmãos para toda a vida!

Agradeço também à minha família - avós, pais, irmãos e outros que, por acasos do destino, passaram a ser também minha família - por todo o apoio e confiança em mim depositados.

Por fim, agradeço à minha companheira, Julliana, que sempre me incentiva e motiva a entregar o melhor de mim em tudo que faço. Tenho certeza que o futuro nos guarda coisas incríveis e memórias inesquecíveis para vivenciarmos juntos.

RESUMO

CASTRO, Rafael Facanali. **Uma avaliação do bioma Cerrado fundamentada na Teoria da Transição Florestal**. 2025. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2025.

O Cerrado é considerado um bioma de elevada biodiversidade, ocupando cerca de 23% do território brasileiro. Tem destacada importância histórica, ecológica, cultural e econômica para o Brasil, além de enfrentar desafios significativos relacionados à perda de vegetação nativa e à expansão da fronteira agrícola. O presente trabalho visa realizar uma avaliação do bioma Cerrado fundamentada na Teoria da Transição Florestal (TTF), um modelo teórico que avalia as mudanças na cobertura florestal ao longo do tempo levando em consideração fatores econômicos, sociais e ambientais. Este estudo utiliza dados do projeto MapBiomas, que agrega informações sobre o uso da terra de 1985 a 2023, e estudos relevantes para identificar a fase de transição florestal do bioma e explorar os fatores diretos e indiretos que influenciam o uso da terra e os diferentes mecanismos da transição florestal. Os resultados indicam que a maior parte do Cerrado se encontra em um estágio intermediário da transição florestal, caracterizado pela persistência do desmatamento em larga escala e pela fragmentação da vegetação nativa. A avaliação destaca a relevância de fatores como a expansão da agropecuária, a demanda global por *commodities*, especialmente soja e carne bovina, e a carência relativa de estudos e financiamento voltados ao bioma. Além disso, o estudo discute as perdas ocultas associadas ao reflorestamento antrópico e natural, evidenciando a importância de estratégias que conciliam a recuperação florestal com a proteção de áreas remanescentes. A monografia conclui que a conservação ambiental do Cerrado requer a implementação de políticas públicas integradas que contemplem mecanismos da TTF, como incentivos econômicos e governança ambiental, além da participação de comunidades locais. Também é destacado a necessidade de ações de manejo sustentável e iniciativas globais para reduzir as pressões sobre o bioma, de forma a garantir sua preservação e a manutenção de seus serviços ecossistêmicos. Este trabalho contribui para o entendimento das dinâmicas de uso da terra no Cerrado e oferece informações para futuras pesquisas e formulação de políticas voltadas à sustentabilidade do bioma.

Palavras-chave: Cerrado. Transição florestal. Uso da terra. Conservação ambiental.

ABSTRACT

CASTRO, Rafael Facanali. **An assessment of the Cerrado biome based on the Forest Transition Theory**. 2025. 41 p. Undergraduate thesis (Economics undergraduate) – Center for Management and Technology Sciences, Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2025.

The Cerrado is considered a biome of high biodiversity, covering approximately 23% of Brazil's territory. It holds significant historical, ecological, cultural, and economic importance for the country while facing major challenges related to native vegetation loss and the expansion of the agricultural frontier. This study aims to assess the Cerrado biome based on the Forest Transition Theory (FTT), a theoretical model that evaluates changes in forest cover over time, considering economic, social, and environmental factors. This research utilizes data from the MapBiomias project, which compiles land use information from 1985 to 2023, along with relevant studies to identify the biome's forest transition phase and explore the direct and indirect factors influencing land use and the various mechanisms of forest transition. The results indicate that most of the Cerrado is in an intermediate stage of forest transition, characterized by persistent large-scale deforestation and native vegetation fragmentation. The assessment highlights the relevance of factors such as the expansion of agribusiness, global demand for commodities, especially soy and beef, and the relative lack of studies and funding dedicated to the biome. Additionally, the study discusses the hidden losses associated with both anthropogenic and natural reforestation, emphasizing the importance of strategies that reconcile forest recovery with the protection of remaining areas. The monograph concludes that the environmental conservation of the Cerrado requires the implementation of integrated public policies that incorporate FTT mechanisms, such as economic incentives and environmental governance, as well as the participation of local communities. It also underscores the need for sustainable management actions and global initiatives to reduce pressures on the biome, ensuring its preservation and the maintenance of its ecosystem services. This study contributes to the understanding of land-use dynamics in the Cerrado and provides insights for future research and policy-making aimed at the biome's sustainability.

Keywords: Cerrado. Forest transition. Land use. Environmental conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil.....	15
Figura 2 – Representação da variação da cobertura florestal ao longo do tempo, separada pelas quatro fases do processo de transição florestal (Fases I a IV).....	22
Figura 3 – Evolução da cobertura florestal no bioma Cerrado de 1985 a 2023.....	28
Figura 4 – Supressão de vegetação primária e secundária no bioma Cerrado de 1985 a 2023.....	29
Figura 5 – Evolução da área utilizada para atividades agropecuárias (pastagem, agricultura e silvicultura) no bioma Cerrado de 1985 a 2023.....	30
Figura 6 – Evolução da área urbanizada no bioma Cerrado de 1985 a 2023.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO.....	15
2.2 ESTUDOS RELACIONADOS.....	16
2.3 ÁREAS-CHAVE PARA A BIODIVERSIDADE.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 TEORIA DA TRANSIÇÃO FLORESTAL.....	21
3.2 FATORES DIRETOS E INDIRETOS QUE INFLUENCIAM O USO DA TERRA.....	22
3.3 MECANISMOS DA TRANSIÇÃO FLORESTAL.....	24
3.4 PERDAS OCULTAS.....	25
4 METODOLOGIA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O Brasil abriga seis diferentes biomas no seu território: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (IBGE, 2019; 2024a). Cada um deles possui características únicas, que variam desde a composição da fauna e flora até as atividades econômicas realizadas. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019; 2024a), o Cerrado, objeto deste estudo, ocupa cerca de 23% do território nacional com uma extensão de aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, fazendo limite com todos os biomas do país exceto o Pampa e estando presente em todas as regiões do Brasil. Também conhecido como savana brasileira, o Cerrado tem destacada importância histórica, ecológica, cultural e econômica para o Brasil (Sawyer *et al.*, 2018).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) (2024), estão localizadas no território do bioma as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que garante um imenso potencial aquífero à região, mais de 3.000 espécies de fauna (ICMBio, 2018) e 12.000 de flora (BFG, 2021). Além disso, Sawyer *et al.* (2018) destacam a relevância do Cerrado para o patrimônio histórico e cultural brasileiro, visto que é onde encontram-se frutos endêmicos como o Pequi, além do Buriti e Barú que, apesar de não endêmicos, vem em sua maioria do bioma em questão, e pelo fato da região abrigar mais de 90 terras indígenas e mais de 40 comunidades quilombolas. Tais características fazem com que a região seja conhecida como uma das savanas mais ricas do mundo (Sawyer *et al.*, 2018).

Historicamente, o bioma Cerrado passou por significativas transformações. Na porção central do bioma, esta transformação ocorreu especialmente a partir da construção de Brasília na década de 1950, que acelerou a ocupação e a exploração agrícola do bioma na região Centro-Oeste (Sawyer *et al.*, 2018). A partir da década de 1980, a Revolução Verde introduziu inovações tecnológicas que permitiram a expansão da agropecuária em larga escala e impactaram significativamente o uso da terra, principalmente na porção do Cerrado localizada no Centro-Oeste, transformando a paisagem e impactando na sua conservação (Sawyer *et al.*, 2018). O Cerrado cumpre papel fundamental na balança comercial brasileira, sendo responsável por cerca de 30% do produto interno bruto (PIB) do país e por altas parcelas da produção nacional de algodão (84%), soja (60%), milho (44%) e carne (40%) (Sawyer *et al.*, 2018). Este crescimento na produção e o avanço da fronteira agrícola na região tem sido apontado como responsável pelos crescentes desafios da região relacionados ao desmatamento. O Relatório Anual do Desmatamento no Brasil (RAD) 2023 (MapBiomias,

2024b) aponta que houve um aumento de 67% na área desmatada no Cerrado de 2022 para 2023, e que o desflorestamento no bioma representou 61% do total da área desflorestada no Brasil.

Ademais, o Cerrado é reconhecido como um *hotspot*¹, uma vez que abriga um alto volume de espécies endêmicas, enfrenta graves problemas de devastação e possui um considerável volume de espécies da fauna e flora em ameaça de extinção. De acordo com o TerraClass Cerrado, em 2022, cerca de 51% da cobertura original do bioma já tinha sido convertida para outros usos e a maioria das áreas remanescentes de vegetação natural encontravam-se fragmentadas. Além disso, Sawyer *et al.* (2018) ressaltam as condições alarmantes do Cerrado, que tem apenas 8% de sua área total protegida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), incluindo menos de 3% por unidades de conservação de proteção integral. A flora tem cerca de 6% de suas espécies sob algum grau de ameaça de extinção, sendo que dentre elas existem inúmeras que têm uso medicinal, podem ser usadas na recuperação de solos degradados e/ou são endêmicas. Por sua vez, a fauna tem cerca de 9% de suas espécies sob algum grau de ameaça de extinção, com destaque para espécies como a onça-pintada, o lobo-guará e o tamanduá-bandeira (BFG, 2021; ICMBio, 2018).

Uma vez apresentado o objeto de estudo, por meio desta breve apresentação do bioma Cerrado, cabe introduzir a Teoria da Transição Florestal (TTF) e alguns conceitos complementares que servirão de base para toda a investigação e discussão que será desenvolvida ao longo deste trabalho. A TTF é um conceito que visa descrever e explicar as mudanças nas características do uso da terra ao longo do tempo, particularmente no que diz respeito à cobertura florestal. Segundo Mather (1992), a TTF propõe que, historicamente, os padrões de uso da terra seguem um ciclo em que, inicialmente, ocorre um desmatamento significativo devido à expansão agrícola e ao uso intensivo dos recursos naturais. Este processo é seguido por um período de estabilização e, eventualmente, uma fase de recuperação florestal.

A TTF sugere que essa transição está intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e às mudanças socioeconômicas. Em estágios iniciais de desenvolvimento, a pressão sobre as florestas aumenta devido à necessidade de novas áreas para agricultura e pastagem. No entanto, à medida que a economia se diversifica e se torna mais desenvolvida,

¹ Norman Myers (1988) foi o pesquisador responsável por cunhar o termo *hotspot* e definiu estes como localidades que apresentam excepcional concentração de biodiversidade e grau de endemismo e estão sujeitas a um excepcional grau de pressão antrópica.

surtem incentivos e tecnologias que promovem a conservação e a recuperação florestal (Angelsen, 2007).

A teoria em questão guarda relação com a Curva Ambiental de Kuznets (CAK), que estabelece uma relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental. De acordo com a CAK, em estágios iniciais de desenvolvimento, a degradação ambiental tende a aumentar até atingir um ponto de inflexão, após o qual a qualidade ambiental começa a melhorar conforme a renda *per capita* continua a crescer (Grossman; Krueger, 1995).

Diversos fatores, diretos e/ou indiretos, podem agravar ou reduzir o desmatamento, influenciando o processo de transição florestal. Tais fatores e mecanismos podem ser, por exemplo: (i) inovações tecnológicas — introdução de tecnologias agrícolas sustentáveis que aumentam a produtividade sem expandir a área cultivada; (ii) políticas públicas — legislações e programas governamentais que incentivam a conservação e a recuperação florestal; (iii) mudanças socioeconômicas — urbanização, aumento da renda e mudanças nas preferências dos consumidores que podem reduzir a pressão sobre as áreas florestais (Geist; Lambin, 2002; Lambin; Meyfroidt, 2010; Rudel *et al.*, 2005).

O objetivo principal desta monografia é avaliar o bioma Cerrado a partir da ótica da TTF, buscando identificar em qual fase de transição o bioma se encontra. A pesquisa abordará a análise dos fatores diretos e indiretos e dos mecanismos da transição florestal que influenciaram esse processo. Será realizada uma revisão das transformações históricas da cobertura vegetal, dos desafios atuais e das perspectivas futuras para a conservação e recuperação do Cerrado. Utilizando a TTF como arcabouço teórico principal, esta análise visa entender as dinâmicas de uso da terra no Cerrado e propor soluções sustentáveis que promovam a preservação do bioma e maximizem o aproveitamento dos recursos direcionados ao bioma.

Para tal, este estudo será organizado em seis seções, com a presente introdução sendo a primeira. A segunda seção tratará da revisão bibliográfica, onde serão mapeados e discutidos os estudos existentes sobre o tema, além de ser feita uma revisão crítica a respeito de tópicos que ainda carecem de estudos para o bioma, destacando trabalhos sobre outros biomas que podem apresentar determinada aplicabilidade para o Cerrado, ou apenas direcionar temas que podem ser explorados futuramente se tratando desta região. A terceira seção será o referencial teórico, onde serão aprofundados os conceitos de TTF, fatores diretos e indiretos que influenciam o uso da terra, mecanismos da transição florestal e perdas ocultas. A seção quatro apresentará a metodologia e detalhará os métodos e técnicas utilizados para a coleta e análise de dados sobre a cobertura vegetal do Cerrado e os fatores que influenciam sua transição

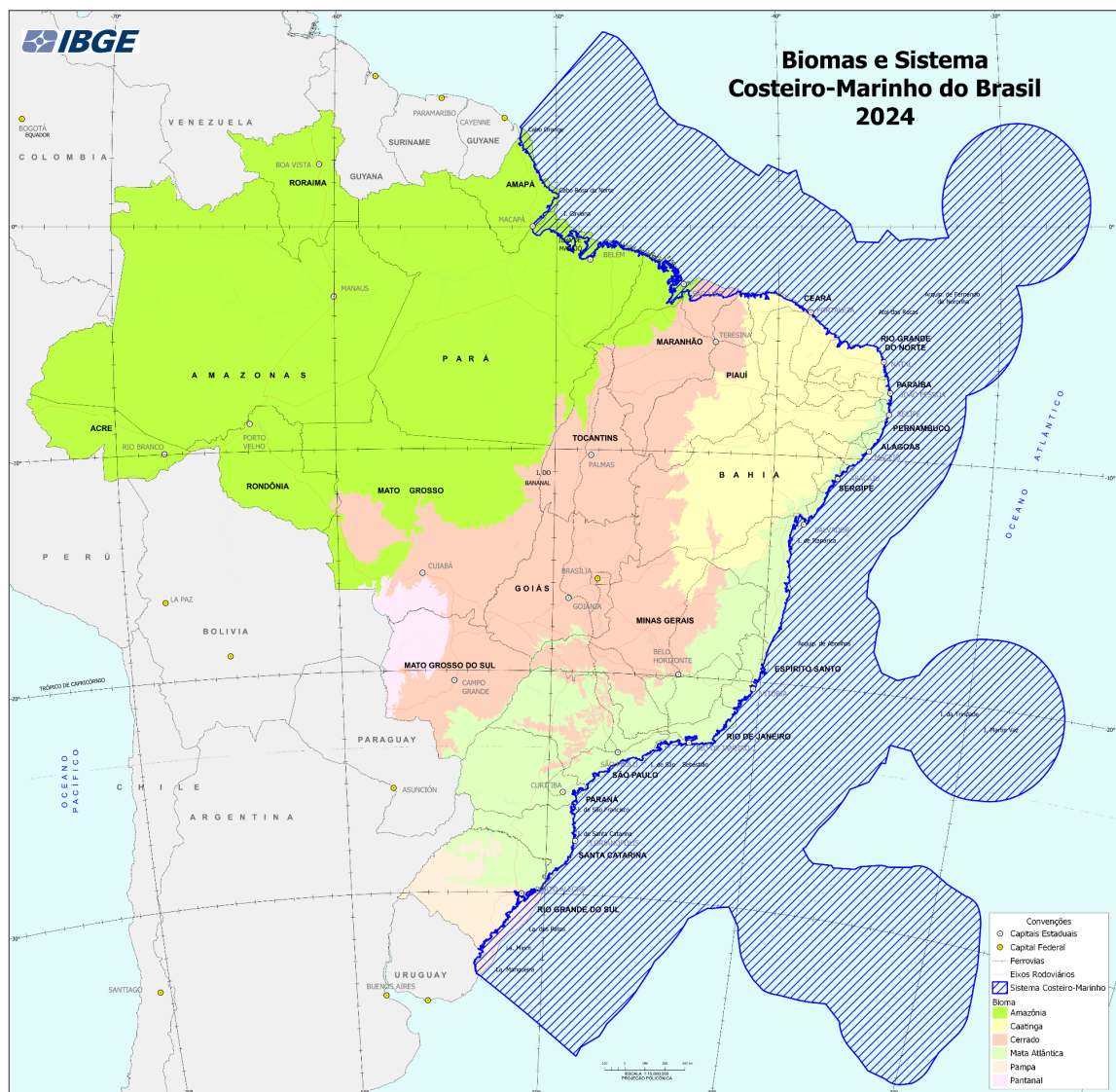
florestal. A quinta seção abordará os resultados e discussões destes, sendo, portanto, a seção onde serão apresentadas e analisadas as transformações históricas da cobertura vegetal, os desafios atuais e as perspectivas futuras para a conservação e recuperação do Cerrado. Por fim, a sexta e última seção será dedicada às considerações finais. Nela serão retomados os principais achados da pesquisa e destacados os principais pontos de atenção para a elaboração de políticas públicas ou direcionamento de investimentos para a conservação do bioma.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA CERRADO

O bioma Cerrado está localizado sobretudo no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior do país, estando atrás apenas da Amazônia, com uma extensão de cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados, abrangendo aproximadamente 23% do território nacional (Ribeiro; Walter, 1998). Apesar da concentração no Planalto Brasileiro e seus entornos, o Cerrado tem porções de sua área ocupando as cinco macrorregiões do Brasil, além de áreas em parte da Bolívia e Paraguai.

Figura 1 — Mapa de biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil



Fonte: IBGE (2024b).

A ocorrência do bioma ao longo de regiões com relevo, latitude e longitude distintos é responsável por, devido à interação complexa entre tais fatores e os sistemas zonais e regionais de circulação atmosférica, diferentes regimes de pluviosidade, apesar da pouca diferenciação térmica (Nimer, 1989). Além disso, Ribeiro e Walter (1998) expõem que a ocorrência ao longo de diferentes regiões garante características como a variação de altitude de cerca de 300m até mais de 1600m, respectivamente na Baixada Cuiabana (MT) e Chapada dos Veadeiros (GO).

Tratando da composição da vegetação, há ocorrência de diferentes fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres (Ribeiro; Walter, 1998), com predominância de vegetação rasteira e arbustiva, que mais se aproximam da fisionomia savânica e campestre. Esta grande complexidade de *habitat* e paisagens no Cerrado favorece a existência de uma fauna e flora diversificada e abundante, que se espalha ao longo do território do bioma de acordo com os recursos ecológicos essenciais para cada espécie (Alho, 1981). Vale também ressaltar que tal complexidade e heterogeneidade contribuem para tornar o Cerrado um bioma que abriga um volume de espécies próximo ao observado em formações florestais e possui alto grau de endemismo, além de ocorrer até 5% da fauna mundial e cerca de um terço da fauna brasileira (Coutinho, 1990).

2.2 ESTUDOS RELACIONADOS

Desde a proposta inicial de Mather (1992) para a Teoria da Transição Florestal, diversos autores têm contribuído para o desenvolvimento e refinamento da tese, incorporando novas perspectivas e dados empíricos. Geist e Lambin (2002) realizaram uma análise abrangente das causas do desmatamento, identificando fatores diretos e indiretos que contribuem para a mudança na cobertura florestal. Tal trabalho foi essencial para a compreensão dos motores subjacentes da transição florestal e contribuiu para a visão de que este processo pode ser impactado por fatores locais e externos que interagem de formas distintas em diferentes regiões.

Rudel *et al.* (2005) exploraram as diferentes trajetórias de transição florestal em diversos contextos regionais, identificando as causas dessas transições e enfatizando a necessidade de considerar a diversidade das experiências regionais ao aplicar a TTF. Tais autores também abriram as portas para a discussão de como os formuladores de políticas de cada região podem ter papel significativo neste processo.

Angelsen (2010) investigou as interações entre políticas de uso da terra, desenvolvimento econômico e mudanças florestais, abordando como incentivos econômicos e políticas públicas podem influenciar a transição florestal. Seu trabalho destacou a importância de intervenções políticas para promover a conservação e a recuperação das florestas.

Lambin e Meyfroidt (2011) examinaram as relações complexas entre globalização, comércio internacional e transições florestais. Eles analisaram como os fluxos econômicos globais e as políticas locais interagem para moldar a cobertura florestal, demonstrando que as transições florestais podem ser influenciadas por fatores extra locais, como o comércio de *commodities* agrícolas, além de fatores locais como políticas de regulamentação do uso da terra.

No contexto brasileiro, o bioma Cerrado ainda carece de estudos mais aprofundados sobre as mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra ao longo do tempo. Grecchi *et al.* (2014), Beuchle *et al.* (2015), Strassburg *et al.* (2017) e Schelp e Bragagnolo (2023) contribuíram com análises focadas no bioma, destacando o impacto da expansão da fronteira agrícola e evidenciando as particularidades das dinâmicas de uso da terra e mudanças na cobertura vegetal no Cerrado. Além disso, reforçaram a importância de políticas públicas e iniciativas locais visando a conservação e recuperação florestal. Suas contribuições oferecem informações valiosas para auxiliar a formulação de políticas de manejo sustentável e conservação ambiental adaptadas às realidades locais. Schelp e Bragagnolo (2023) inclusive trazem conclusões relevantes sobre o estágio de transição florestal do bioma, bem como sobre os mecanismos da transição com maior destaque para o Cerrado, sendo eles o *state forest pathway* e o *globalization pathway*, mecanismos estes que serão discutidos nas próximas seções do presente trabalho.

O estudo de Sawyer *et al.* (2018) é um relevante material que agrupa as mais variadas informações à respeito do *hotspot* de biodiversidade do Cerrado, tratando sobre a importância biológica da região e seus serviços ecossistêmicos e fornecendo contexto sobre a conservação do bioma e as situações socioeconômicas, políticas e da sociedade civil. Além disso, o estudo debate sobre as principais ameaças à conservação ambiental, analisa o investimento corrente voltado para tal e direciona formas de maximizar a eficiência dos recursos disponíveis, apontando as áreas-chave para a biodiversidade que mais necessitam de atenção.

Estudos acerca de outros biomas como a Amazônia também agregaram importantes contribuições para a TTF. Morales e Bragagnolo (2023) reforçam que a transição florestal pode ser afetada por diversos fatores como políticas, falhas de mercado e fatores externos, além de exporem que diferentes decisões por parte dos agentes econômicos em relação ao uso

da terra também impactam este processo. Tateishi, Bragagnolo e Almeida (2021), por sua vez, avaliam os ganhos econômicos incrementais da conversão de áreas florestais em áreas de agricultura e pastagem sob uma perspectiva de eficiência ambiental, ou seja, analisam as causas e implicações da interdependência entre a conversão de áreas para diferentes usos da terra e o desenvolvimento econômico.

Todas essas contribuições fornecem uma compreensão mais aprofundada e holística das dinâmicas florestais globais. Elas demonstram que a transição florestal é um fenômeno complexo, influenciado por uma combinação de fatores locais, regionais e globais. Assim, a aplicação da TTF requer uma abordagem contextualizada, que leve em consideração as especificidades de cada região e período histórico.

2.3 ÁREAS-CHAVE PARA A BIODIVERSIDADE

Áreas-chave para a biodiversidade (em inglês, *key biodiversity areas* – KBAs), segundo a definição de Sawyer *et al.* (2018), são locais de importância internacional para a conservação da biodiversidade global, definidos de acordo com critérios padronizados com base em princípios de vulnerabilidade e impossibilidade de substituição.

A União Internacional para a Conservação da Natureza (em inglês, *International Union for Conservation of Nature* – IUCN) (2016) estabelece que um local se qualifica como uma KBA se atender um ou mais de 11 critérios, agrupados em cinco categorias: (i) biodiversidade ameaçada; (ii) biodiversidade geograficamente restrita; (iii) integridade ecológica; (iv) processos biológicos; (v) insubstituibilidade por meio de análise quantitativa. Sendo assim, as KBAs são um importante indicador de onde devem ser priorizados os esforços de conservação e recuperação ambiental em determinada região, de forma que as áreas mais importantes para a biodiversidade recebam a atenção e proteção adequadas.

No Cerrado brasileiro 761 áreas foram qualificadas como KBAs, totalizando uma extensão territorial de cerca de 1.180.000 km², o que representa aproximadamente 60% do bioma. Desta área 474.000 km² são cobertos por remanescentes da vegetação original, o que representa aproximadamente 40% da área total, tal discrepância se dá pelo fato de que a maioria das KBAs são mosaicos de vegetação original, *habitat* secundários e áreas antropizadas por pastagens e cultivos. Fazendo mais um recorte, apenas cerca de 10% da área total das KBAs, aproximadamente 117.000 km², já possuem algum tipo de proteção dentro de unidades de conservação e territórios indígenas ou quilombolas (Sawyer *et al.*, 2018).

Para delimitar as KBAs de maior importância e vulnerabilidade no Cerrado foram incorporadas por Sawyer *et al.* (2018) mais duas etapas de avaliações ao território. Primeiramente, a abordagem conhecida como KBA+, que avalia a contribuição das KBAs para a provisão de água, classificou 152 áreas-chave para a biodiversidade como de ‘importância muito alta’ para o abastecimento hídrico, sendo todas estas localizadas próximas a grandes cidades e centros de atividades agrícolas. Por fim, a definição de corredores de conservação, que são, segundo Sawyer *et al.* (2018, p. 64), “unidades espaciais de grande escala, necessárias para a manutenção dos processos em escalas ecológicas e evolutivas”. Tais áreas foram definidas de acordo com os seguintes critérios: (i) aglomerações por importância, descrito anteriormente; (ii) conectividade de vegetação natural e remanescente; (iii) áreas protegidas, incluindo unidades de conservação e territórios indígenas ou quilombolas, conforme descrito no parágrafo anterior.

Ao fim destas avaliações Sawyer *et al.* (2018) chegaram a uma lista com 13 corredores considerados estratégicos para o *hotspot*, sendo que estes possuem uma área total de 723.000 km², dos quais 689.700 km² (95%) se encontram dentro dos limites do bioma. Ou seja, cerca de um terço do Cerrado é coberto por áreas de extrema importância para a conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos. Cada um dos corredores possui características únicas (Tabela 1) e, portanto, necessitam de um planejamento e atuação considerando tais características socioeconômicas, ambientais e demais características particulares de cada região.

Tabela 1 — Indicadores ambientais e socioeconômicos dos corredores de conservação do Cerrado

Corredor	Municípios	População 2011	PIB <i>per capita</i> (R\$)	IDHa	IPAb	Km ² Cerrado	Vegetação %	Proteção %	Terras indígenas (%)	Terras quilombolas (%)	Unidades de conservação de proteção integral (%)	Unidades de conservação de uso sustentável (%)
Alto Juruena	17	400.321	34.674	0,70	5,59	60.289	80	55	55	-	4	0
Araguaia	27	338.564	18.736	0,66	5,26	68.259	84	50	38	-	13	8
Chapada dos Guimarães	17	1.020.611	28.275	0,68	5,59	17.732	61	38	2	0,14	2	36
Emas - Taquari	27	408.026	30.800	0,70	6,15	42.972	30	4	-	-	4	0
Central do Matopiba	42	844.577	11.809	0,62	4,95	99.096	81	34	-	0,13	16	19
Lençóis Maranhenses	18	455.472	4.276	0,56	5,83	12.101	88	90	-	0,10	12	78
Mirador - Mesas	38	901.360	11.117	0,57	5,45	64.237	85	23	11	0,03	12	0
Miranda - Bodoquena	15	454.437	16.692	0,68	5,80	29.678	44	16	14	0,01	3	0

RIDE DF - Paranaíba - Abaeté	55	4.771.838	20.478	0,70	7,09	64.670	41	11	-	0,13	1	10
Serra da Canastra	29	791.769	31.071	0,72	6,28	13.854	37	13	-	-	13	0
Serra do Espinhaço	102	5.433.500	13.724	0,66	5,25	57.688	60	7	-	-	5	3
Sertão Veredas - Peruaçu	45	703.335	10.577	0,62	5,58	80.995	70	18	1	-	6	12
Veadeiros - Pouso Alto - Kalungas	39	335.345	12.599	0,65	5,49	78.124	75	20	1	4,20	2	15

Notas: a - Índice de desenvolvimento humano, uma medida resumo do desempenho médio de uma vida longa e saudável, ser instruído e ter um padrão de vida decente. Média geométrica dos índices normalizados para cada uma das três dimensões. Variação: 0-1.

b - Índice de pressão antrópica, índice sintético de pressões econômicas e demográficas sobre o ambiente, combinando estoque e fluxo de agricultura, pecuária e população urbana e rural em nível municipal. Variação 2-10 (sendo 10 a mais alta pressão).

Fonte: Sawyer *et al.*, 2018, p. 67.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 TEORIA DA TRANSIÇÃO FLORESTAL

A Teoria da Transição Florestal (TTF), proposta por Alexander Mather (Mather, 1992), oferece um modelo abrangente para compreender as mudanças na cobertura florestal ao longo do tempo, refletindo a interação entre desenvolvimento econômico e uso da terra. Mather (1992) desenvolveu a teoria para explicar o ciclo de desmatamento e recuperação florestal que ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento econômico.

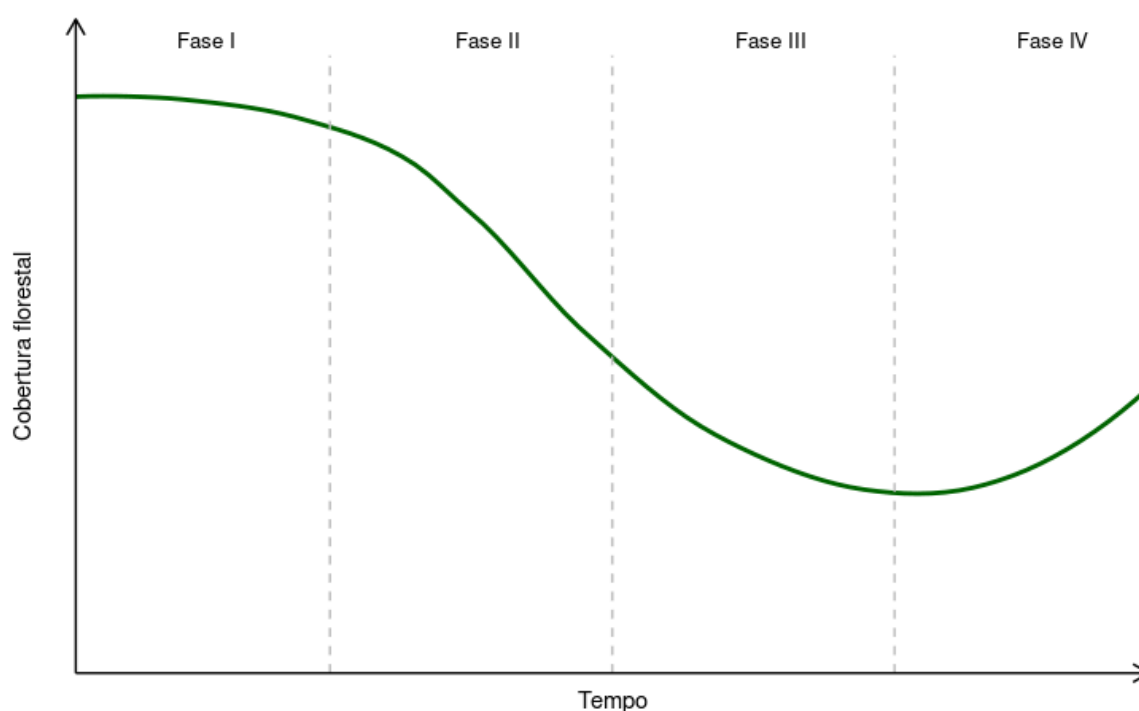
O processo da transição florestal pode ser dividido em quatro fases (Figura 2). Na primeira fase, uma determinada região apresenta grandes extensões de florestas intactas e taxas de desmatamento extremamente baixas. As florestas nesta fase desempenham um papel crucial na manutenção dos serviços ecossistêmicos e na biodiversidade, com o uso da terra limitado a práticas de subsistência. A segunda fase se caracteriza pela expansão agrícola, isto é, à medida que a economia se desenvolve e a demanda por recursos naturais aumenta, grandes áreas de floresta são convertidas em pastos e cultivos. Esse processo de desmatamento é impulsionado pelo crescimento populacional e pela necessidade de expansão agrícola para sustentar o desenvolvimento econômico (Angelsen, 2007; Calaboni, 2017).

Com a conversão das florestas nativas em áreas agrícolas, o desmatamento começa a desacelerar na terceira fase. Nesta etapa, as florestas restantes se tornam fragmentadas e inseridas em uma matriz agrícola. A pressão sobre as áreas florestais diminui e a gestão e a conservação das florestas remanescentes ganham importância. Finalmente, na quarta fase, mudanças sociais, políticas e econômicas favorecem a recuperação das florestas. Esta recuperação pode ocorrer através do abandono de terras agrícolas, regeneração espontânea ou iniciativas de restauração florestal. A conscientização ambiental crescente e a implementação de políticas de conservação ajudam a promover a recuperação e a proteção das áreas florestais (Angelsen, 2007; Calaboni, 2017).

Alguns autores exploram um diferente faseamento para o processo de transição florestal, mas que, apesar das diferenças, em muito se aproxima com a proposição de Angelsen (2007). Mather (1992), o precursor da TTF, que propõe uma curva em formato de “U” com 3 fases, sendo a primeira fase um período de alta cobertura florestal e baixas taxas de desflorestamento, a segunda fase um período de aumento das taxas de conversão de florestas em outros tipos de uso da terra e, por fim, a terceira fase um período em que a recuperação florestal se torna tecnicamente e economicamente viável. Grainger (1995) propõe

também uma curva em formato de “U”, porém dividida em duas fases mais diretas, sendo a primeira o período de transição nacional do uso da terra e a segunda o período de recuperação florestal. Cada uma das duas fases propostas por sua vez, são explicadas em conjunto pela agregação de duas diferentes curvas, uma que trata justamente do declínio da área florestal por diferentes usos de terra e outra que trata da recuperação da vegetação após o início do período de transição.

Figura 2 — Representação da variação da cobertura florestal ao longo do tempo, separada pelas quatro fases do processo de transição florestal (Fases I a IV)



Fonte: Elaboração própria baseada em Angelsen (2007).

Conforme foi destacado anteriormente, a TTF proporciona uma estrutura teórica para entender como as mudanças econômicas e políticas afetam a cobertura florestal e oferece uma perspectiva valiosa sobre a dinâmica entre desenvolvimento e conservação ambiental. Embora a teoria tenha sido amplamente reconhecida, é importante considerar suas limitações e a complexidade das dinâmicas locais ao aplicá-la a diferentes contextos regionais.

3.2 FATORES DIRETOS E INDIRETOS QUE INFLUENCIAM O USO DA TERRA

Conforme Geist e Lambin (2002) expuseram em seus estudos, o uso da terra é influenciado por uma combinação complexa de fatores diretos e indiretos que variam de acordo com contextos socioeconômicos, políticos e ambientais. Compreender esses fatores é essencial para analisar as dinâmicas de transição florestal e formular políticas de manejo sustentável e conservação ambiental.

Entre os fatores diretos que influenciam o uso da terra, destaca-se a expansão agrícola, motivada pela necessidade de aumentar a produção de alimentos e *commodities* agrícolas (Geist; Lambin, 2002). O Cerrado, por exemplo, tem sido intensamente convertido em áreas agrícolas para a produção de soja, milho e outras culturas. A pecuária, especialmente em sistemas de criação extensiva, também resulta na conversão de vastas áreas de vegetação nativa em pastagens, sendo um fator significativo de alteração da cobertura vegetal no Cerrado. Além disso, a extração de madeira e mineração contribuem diretamente para a degradação e perda de cobertura florestal, removendo a vegetação e causando impactos ecológicos duradouros. A construção de infraestruturas, como estradas e barragens, facilita o acesso a áreas anteriormente inacessíveis, promovendo o desmatamento e a ocupação de novas áreas (Sawyer *et al.*, 2018).

Os fatores indiretos são mais difíceis de identificar e quantificar, mas têm um impacto significativo no uso da terra. Fatores socioeconômicos, como o crescimento populacional e as mudanças nos padrões de consumo, influenciam a demanda por terras agrícolas e produtos florestais. A urbanização e a migração rural-urbana também influenciam o uso da terra, muitas vezes levando ao abandono de áreas rurais que podem regenerar-se naturalmente. As políticas públicas e a governança desempenham um papel crucial, pois as políticas de uso da terra, incentivos econômicos e regulamentações ambientais moldam as práticas de uso da terra de maneiras complexas. A governança, incluindo a implementação e fiscalização das políticas, é igualmente importante (Geist; Lambin, 2002).

O mercado global e o comércio internacional influenciam diretamente as decisões de uso da terra, com as dinâmicas do mercado global, incluindo os preços das *commodities* e a demanda internacional por produtos agrícolas, desempenhando um papel significativo nesse processo (Geist; Lambin, 2002). No Cerrado, a demanda global por soja e carne bovina tem sido um motor significativo de desmatamento (Sawyer *et al.*, 2018).

Estes fatores diretos e indiretos interagem de maneira complexa entre si, moldando as trajetórias de uso da terra e influenciando os processos de transição florestal (Geist; Lambin, 2002). Compreender essas interações é fundamental para a formulação de políticas eficazes e

sustentáveis que promovam a conservação e a recuperação das florestas, especialmente em biomas sensíveis como o Cerrado.

3.3 MECANISMOS DA TRANSIÇÃO FLORESTAL

A transição florestal é um processo complexo influenciado por múltiplos mecanismos que interagem de maneira dinâmica ao longo do tempo. Calaboni (2017) caracterizou esses mecanismos através de diferentes vias: da escassez florestal, das políticas públicas, do desenvolvimento econômico, da globalização e do pequeno produtor.

A via da escassez florestal (*forest scarcity pathway*) sugere que a crescente demanda por produtos florestais e a consequente redução das áreas florestais podem levar a uma reavaliação dos recursos naturais. À medida que a escassez de florestas se torna evidente, surge uma conscientização sobre a necessidade de conservar e restaurar áreas florestais para garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos. Esta percepção pode resultar em iniciativas de manejo sustentável, práticas de reflorestamento e a adoção de tecnologias que aumentem a eficiência no uso dos recursos florestais (Rudel *et al.*, 2005).

A via das políticas públicas (*state forest pathway*) destaca o papel crucial que estas podem ter na promoção da transição florestal. A escassez de produtos florestais pode incentivar, por exemplo, a implementação de regulamentações ambientais rigorosas, a criação de áreas de proteção ambiental, o investimento governamental na modernização da economia e uso da terra e a promoção do turismo ecológico. A eficácia dessas políticas depende da governança e da capacidade de fiscalização, bem como do engajamento das comunidades locais na implementação e manutenção das práticas de conservação (Lambin; Meyfroidt, 2010).

A via do desenvolvimento econômico (*economic development pathway*) coloca este como gatilho para o processo de transição florestal com base no pressuposto de que, a medida que as economias locais se diversificam e se urbanizam, há um processo de migração da força de trabalho rural para os setores da indústria e serviços nos centros urbanos. O aumento da renda per capita e a transição para setores econômicos menos intensivos em terra podem reduzir a pressão sobre as florestas à medida que haverá um aumento de custos na mão-de-obra da agricultura que ocasionará uma necessidade da intensificação da agricultura em terras mais férteis e abandono de terras marginais, facilitando a regeneração natural e a recuperação das áreas degradadas. (Rudel *et al.*, 2005).

A via da globalização (*globalization pathway*) destaca o impacto das dinâmicas do mercado global no uso da terra. A integração da economia ao mercado internacional de *commodities* influencia diretamente no uso da terra, que passa a responder por variações na demanda global por produtos, mas também passa a ser pressionado a intensificar o turismo ecológico, a implementação de ideias conservacionistas e acordos ambientais multilaterais, que por fim teriam efeitos positivos sobre as florestas nativas (Lambin; Meyfroidt, 2010).

A via do pequeno produtor (*smallholder, tree-based land use pathway*) destaca o papel fundamental das decisões dos pequenos proprietários sobre a manutenção das florestas. Tendo em vista que são diretamente afetados pelo declínio da provisão de serviços ecossistêmicos em suas propriedades, os produtores em questão tendem a priorizar técnicas de cultivo sustentável bem como a utilizar inovações tecnológicas capazes de ampliar a produtividade sem a necessidade de ampliação da área de cultivo. Não somente, também mantém uma parcela cobertura florestal nativa em suas propriedades (Lambin; Meyfroidt, 2010).

Esses mecanismos interagem de maneiras complexas e são influenciados por uma variedade de fatores locais e globais. Compreender essas vias permite a formulação de estratégias mais eficazes para promover a conservação e a recuperação florestal, especialmente em biomas como o Cerrado, onde as dinâmicas regionais e globais estão profundamente entrelaçadas.

3.4 PERDAS OCULTAS

O conceito de perdas ocultas traz uma visão complementar a todo o arcabouço teórico apresentado até agora. Fazendo uma análise integralmente do ponto de vista da TTF, é natural que se presuma que um aumento líquido na cobertura florestal de determinada área seja um indicador positivo para a conservação ambiental, no entanto existem efeitos negativos que podem passar despercebidos quando este aumento líquido da cobertura vegetal ocorre em uma situação em que há um ganho de cobertura florestal recente maior que uma perda de cobertura florestal antiga. Isto é, o rejuvenescimento das florestas tem efeitos deletérios sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos das florestas mesmo em situações em que se atinja um nível de desflorestamento zero, ou até mesmo de restauração da área florestal (Rosa *et al.*, 2021).

Não somente, as perdas ocultas muitas vezes podem ser impulsionadas por práticas antrópicas, uma vez que tanto a regeneração natural de áreas florestais desmatadas quanto o reflorestamento antrópico tem o potencial de deslocar atividades agropecuárias no espaço e

elevar o desmatamento de áreas com vegetação primária, enquanto as vegetações reflorestadas natural ou antropicamente são classificadas como matas secundárias, as quais possuem menor biodiversidade e capacidade de contribuição aos serviços ecossistêmicos. Isto posto, para qualquer que seja a forma de reflorestamento, natural ou antrópica, é fundamental o planejamento e monitoramento de tais ações, além de ser necessário a concatenação com medidas de proteção e conservação das florestas primárias, de forma a prevenir e reduzir as perdas qualitativas da cobertura florestal (Curran; Hellweg; Beck, 2014; Holl; Brancalion, 2020).

4 METODOLOGIA

Este estudo tem como objetivo central reunir e ampliar informações sobre as condições da cobertura vegetal no bioma Cerrado, contribuindo para pesquisas e planejamentos voltados à sua recuperação e ao uso eficiente de seus recursos. Além disso, buscar-se-á identificar em que fase da transição florestal o bioma se encontra, a fim de embasar políticas públicas que explorem diferentes mecanismos desse processo. Para tanto, foram analisados estudos e dados de diversas fontes, dentre elas artigos, revistas, jornais, teses e outras publicações de autores nacionais e internacionais, além de dados de relatórios e projetos de monitoramento do uso da terra feitos por órgãos governamentais.

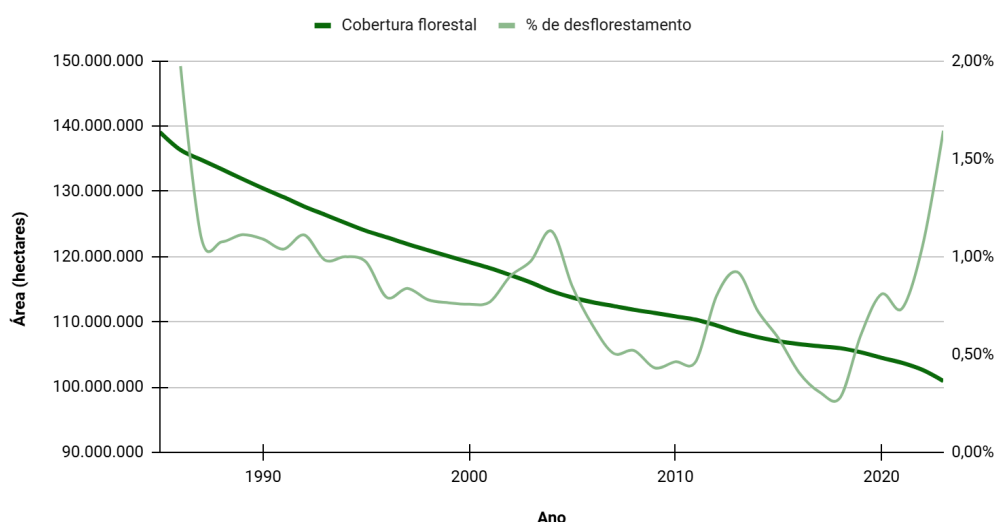
A leitura crítica desses estudos considerou que cada região apresenta fatores específicos que influenciam a expansão ou a redução da cobertura florestal nativa, refletindo mudanças socioeconômicas, políticas e culturais ao longo do tempo. Esses fatores podem interagir de maneiras distintas e, dependendo do contexto, resultar no desmatamento em vez da recuperação de áreas nativas.

As séries históricas utilizadas para determinar a fase da transição florestal do Cerrado incluem dados públicos e gratuitos do projeto MapBiomas (2024a), abrangendo o período de 1985 a 2023. A partir dessas informações, buscar-se-á identificar padrões e tendências na cobertura florestal e nos indicadores de desmatamento, garantindo uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas de uso da terra no bioma. Assim, espera-se não apenas classificar a fase atual da transição florestal do Cerrado, mas também fornecer subsídios para medidas que promovam sua conservação e otimizem o aproveitamento sustentável de seus recursos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados que serão apresentados a seguir, sendo todos retirados do projeto MapBiomas (2024a), e nas características do Cerrado, que é um bioma de grande extensão territorial e fisionomia heterogênea, foi possível enquadrar, de forma geral, o bioma Cerrado em um estágio intermediário da transição florestal, com o comportamento da sua cobertura florestal se situando entre o que foi anteriormente categorizado como fase II e III, apesar de ser inevitável a identificação de diferentes condições ao longo de toda sua área. A cobertura florestal ainda se encontra em declínio ano após ano (Figura 3), com uma área total de 100 milhões de hectares reportada em 2023. No ano de 1985 esta área era de 139 milhões de hectares, indicando portanto uma perda de 39 milhões de hectares, que se traduz em uma redução de 27% da cobertura do bioma. Um ponto de atenção acerca do cenário atual e perspectivas futuras para o Cerrado é o crescimento do percentual de redução da cobertura florestal a partir de 2019, uma vez que a média deste indicador no período de 2001 a 2018 era de 0,65% e no período de 2019 a 2023 sofreu um salto para uma média de 0,97%. Isto é, desde 2019 houve um aumento de 49% na taxa de redução da cobertura florestal em relação ao restante do século XXI.

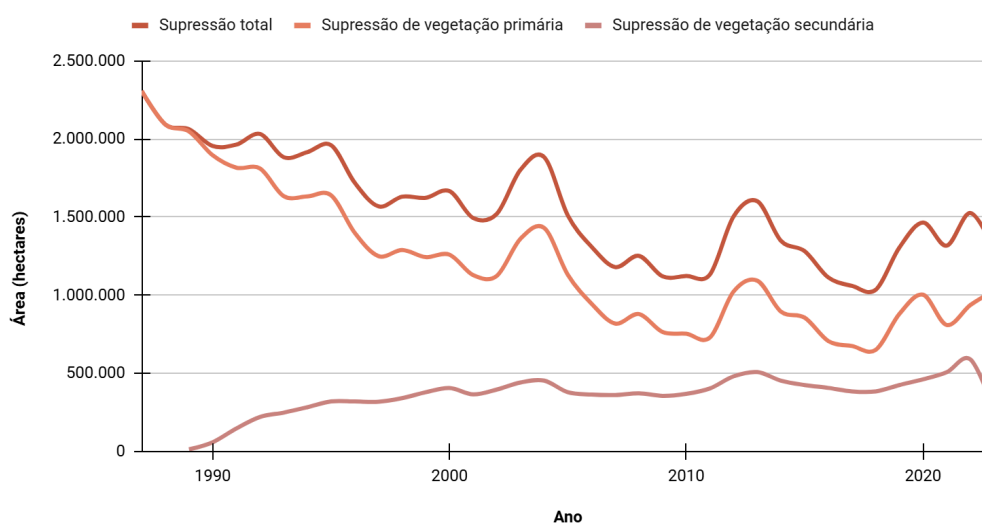
Figura 3 — Evolução da cobertura florestal no bioma Cerrado de 1985 a 2023



Fonte: Elaboração própria com dados do projeto MapBiomas (2024a).

Analisando a supressão de vegetação primária e secundária (Figura 4), ou seja o desflorestamento de áreas que ainda não foram fortemente impactadas pela ação antrópica e áreas já impactadas e em processo de regeneração, tem-se no período de 1985 a 2023 um acumulado de 57 milhões de hectares suprimidos, divididos entre 45 milhões de hectares de vegetação primária e 12 milhões de hectares de vegetação secundária. A pressão sobre a vegetação primária vem gradativamente reduzindo, uma vez que a média móvel de 5 anos em 2001 era de 77% do desflorestamento concentrado em áreas de vegetação primária e em 2023 passou a ser 67%. Em contrapartida, essa redução da pressão sobre a vegetação primária implica em uma maior pressão sobre a vegetação secundária, que tinha um média móvel de 23% do desflorestamento em 2001 e passou a representar 33% em 2023. Tal comportamento, sob uma ótica das perdas ocultas, é positivo, tendo em vista que a redução relativa do desmatamento de áreas de vegetação primária indica ao menos uma menor perda qualitativa, ainda que o cenário seja de redução da cobertura florestal e não o contrário.

Figura 4 — Supressão de vegetação primária e secundária no bioma Cerrado de 1985 a 2023



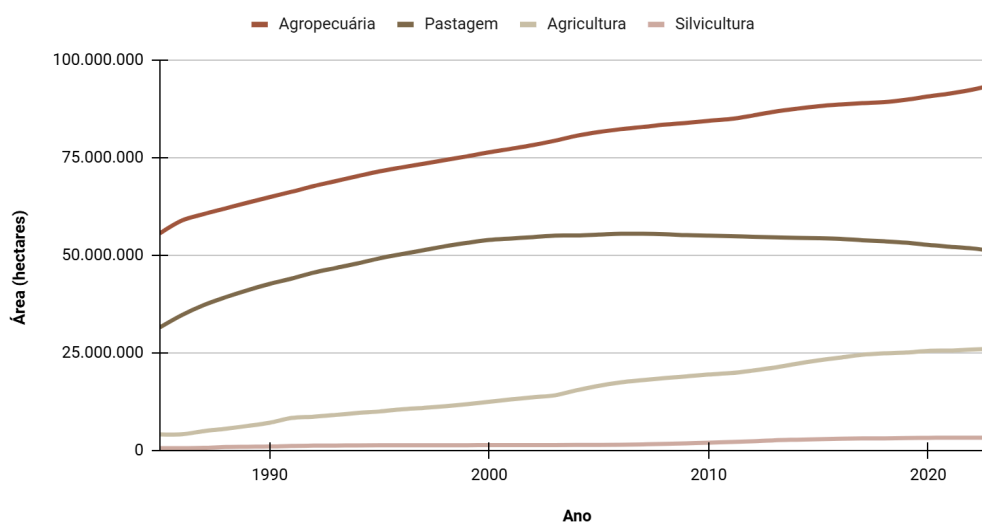
Fonte: Elaboração própria com dados do projeto MapBiomias (2024a).

Tratando da área utilizada para atividades agropecuárias (Figura 5) temos de 1985 a 2023 um aumento de 38 milhões de hectares. Em 1985 a área total era de 55 milhões de hectares, sendo 31 milhões, ou 56%, de área de pastagem, 4 milhões, ou 7%, de área de agricultura e 600 mil, ou 1%, de área de silvicultura, além de outros usos diversos que correspondem ao restante do montante total. Já em 2023 a área total passou a ser de 93

milhões de hectares, sendo 51 milhões, ou 54%, de área de pastagem, 26 milhões, ou 28%, de área de agricultura e 3 milhões, ou 3,5%, de área de silvicultura.

Alguns destaques frente à estes números são: (i) a taxa média de crescimento anual da área agrícola de 1,39%, sendo que fazendo recortes entre os séculos XX e XXI tem-se, respectivamente, taxas de 2,14% e 0,90% que demonstram uma desaceleração na conversão de áreas para atividades agropecuárias; (ii) o recuo da área total destinada à pastagem no período recente, que teve em 1999 um pico de 70,62% de representatividade frente à área total da agropecuária, com 53 milhões de hectares, e em 2007 a maior área registrada para a atividade, com 55,4 milhões de hectares, e atualmente possuímos uma área total de 51 milhões de hectares, equivalente à 54% da área total da agropecuária; (iii) o grande avanço da área destinada à agricultura, que em 1989 era de 4 milhões de hectares e em 2023 atingiu seu maior valor com 26 milhões de hectares, apresentando um crescimento de 530%, e a relevância da soja neste processo, uma vez que em 1989 representava 30% da área total, com 1,2 milhões de hectares, e em 2023 representava 74%, com 19 milhões de hectares; (iv) o crescimento da silvicultura e os potenciais riscos de perdas ocultas atrelados a esta atividade, que somente no século XXI expandiu sua área em 138% e por ser uma atividade que promove o reflorestamento com vegetação secundária acaba por indiretamente causar o aumento da pressão antrópica sobre áreas de vegetação primária e reduzir a biodiversidade e capacidade de contribuição aos serviços ecossistêmicos.

Figura 5 — Evolução da área utilizada para atividades agropecuárias (pastagem, agricultura e silvicultura) no bioma Cerrado de 1985 a 2023



Fonte: Elaboração própria com dados do projeto MapBiomas (2024a).

							2023		
Amazônia	46.984	61.218	58.120	47.837	33.311	247.470	40,0%	-14.526	-30,4%
Caatinga	531	5.644	10.621	13.989	18.840	49.625	22,6%	4.851	34,7%
Cerrado**	7.347	28.751	7.330	6.297	26.861	76.586	32,2%	20.564	326,6%
Mata Atlântica	1.380	3.061	5.118	7.855	3.709	21.123	4,4%	-4.146	-52,8%
Pampa	66	105	160	424	318	1.073	0,4%	-106	-25%
Pantanal	203	208	292	268	314	1.285	0,4%	46	17,2%
Brasil	56.511	98.987	81.641	76.670	83.353	397.162	100,0%	6.683	8,7%

Área em hectares (ha)									
Bioma	2019	2020	2021	2022	2023	Total	Participação do bioma em 2023	Variação 2022 - 2023	Variação 2022 - 2023
Amazônia	772.905	883.776	1.112.325	1.202.628	454.271	4.425.905	24,8%	-748.357	-62,2%
Caatinga	13.922	67.141	115.068	140.635	201.687	538.453	11,0%	61.051	43,4%
Cerrado**	406.039	637.632	509.172	662.186	1.110.326	3.325.354	60,7%	448.139	67,7%
Mata Atlântica	10.462	23.950	30.091	29.916	12.094	106.513	0,7%	-17.821	-59,6%
Pampa	626	1.271	2.426	3.121	1.547	8.991	0,1%	-1.574	-50,4%
Pantanal	16.284	25.961	29.896	31.208	49.673	153.021	2,7%	18.465	59,2%
Brasil	1.220.236	1.639.730	1.798.978	2.069.695	1.829.597	8.558.237	100,0%	-240.097	-11,6%

Notas: * Podem existir diferenças no total de alertas e área desmatada para os anos reportados nos RADs anteriores. No caso do Cerrado, o principal fator para o aumento de alertas no ano de 2020 é a inclusão dos alertas em áreas desmatadas identificadas pelo PRODES Cerrado que foi feita em 2022.

** Em 2023, foram incorporados de forma operacional todos os alertas de desmatamento do SAD Cerrado entre janeiro e julho de 2023, e a partir de julho a dezembro de 2023 foram incorporados apenas os alertas com áreas superiores a 10 hectares.

Fonte: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 (MapBiomias, 2024b).

As variações no uso da terra ao longo do tempo, expostas anteriormente nesta seção, são o resultado da interação entre fatores diretos e indiretos. A evolução da tecnologia agrícola a partir da década de 1980, por exemplo, possibilitou o plantio contínuo de monoculturas no Cerrado, enquanto a introdução de novas raças de gado, como o Zebu, bem como a evolução da tecnologia pecuária, a exemplo da inseminação artificial, contribuíram para o aumento da produtividade da pecuária de corte e leiteira (Sawyer *et al.*, 2018). Além disso, a introdução de espécies exóticas de pastagem, principalmente africanas, impulsionaram o aumento da área utilizada para pastagem (Sawyer *et al.*, 2018).

Ainda analisando o uso da terra em diferentes atividades ao longo do tempo, o Cerrado faz do Brasil um dos principais produtores de algodão, soja, milho e carne, sendo responsável, respectivamente, por 84%, 60%, 44% e 40% da produção nacional destas *commodities* (Sawyer *et al.*, 2018). Esta significativa representatividade na produção, além do papel do Brasil na economia internacional como, principalmente, um agente agroexportador, coloca as tendências econômicas locais e globais como fatores indiretos capazes de influenciar o processo de transição florestal do bioma. Vale ressaltar que, apesar de o Cerrado ter maior representatividade na produção de algodão do que de carne, por exemplo, a plantação de pastagens para a pecuária é uma das principais causas do desmatamento no bioma no passado recente (Strassburg *et al.*, 2017). O bioma vem se consolidando como o principal agente para o setor ao longo das últimas cinco décadas, o que levou à perda de mais da metade da cobertura florestal original, ou seja, da vegetação primária (Sawyer *et al.*, 2018; Strassburg *et al.*, 2017).

É importante ressaltar que o monitoramento do bioma em estudo é mais complexo que o de florestas mais densas e homogêneas, uma vez que a vegetação se caracteriza por uma considerável heterogeneidade e uma textura fina de cobertura vegetal. Enquanto as matas ciliares estreitas sequer aparecem em imagens de satélite, as savanas arbóreas e campos com vegetação esparsa acabam por serem facilmente confundidas com áreas desflorestadas (Sawyer *et al.*, 2018). Não somente, os esforços despendidos no monitoramento da região são relativamente reduzidos, enquanto o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (Prodes) acompanha as taxas de degradação desde 1980, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento Do Cerrado (PPCerrado) fornece dados de 2003 a 2008 em médias anuais de 15.000 km² (Beuchle *et al.*, 2015; Sawyer *et al.*, 2018).

Com relação às principais ameaças diretas e indiretas ao bioma, bem como seus fatos causadores, de acordo com Sawyer *et al.* (2018), podem ser destacadas como ameaças diretas as que estão a seguir: degradação; fragmentação e conversão do *habitat*; sobre-exploração de recursos naturais; fogo, poluição, erosão e assoreamento; espécies invasoras; e organismos geneticamente modificados (OGMs). Também de acordo com Sawyer *et al.* (2018), as ameaças indiretas com maior relevância, por sua vez, são as que estão a seguir: agropecuária; mineração; silvicultura; infraestrutura de transporte; energia elétrica, petróleo e gás; e expansão urbana.

Tratando-se da pecuária e de culturas anuais, a presença de duas fronteiras agrícolas no Cerrado é um relevante vetor de pressão do desflorestamento do bioma. A expansão ocorre principalmente em regiões com vegetação mais densa e topografia plana, o que possibilita a

implementação de lavouras mecanizadas para o cultivo de culturas anuais e facilita a atividade pecuária (Strassburg *et al.*, 2017). É relevante destacar que paisagens dominadas por culturas acabam por ser mais fragmentadas que paisagens dominadas por pastagens, além de, geralmente, abrangerem áreas contínuas maiores que as pastagens e, portanto, serem mais prejudiciais para a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos do bioma. Além disso, pela característica da vegetação do Cerrado, áreas de pastagem possuem considerável capacidade de rebrota e tal característica, se bem coordenada com políticas para auxiliar ou favorecer a regeneração natural da vegetação, pode contribuir para o atingimento de um desmatamento líquido zero ou até para uma restauração da área florestal.

Outro grande vetor de pressão, ainda relacionado à atividade agropecuária, é o aumento da demanda global por soja e carne bovina, que são hoje um dos principais produtos agrícolas produzidos na região, como já foi mencionado anteriormente neste trabalho. A influência internacional sobre as condições ambientais do Cerrado por meio da pressão pela expansão da produtividade destas *commodities*, no entanto, pode se tornar uma justificativa para o estabelecimento de políticas públicas e esforços internacionais, como fundos de investimento, para a conservação do bioma. Os dados do relatório da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2024) endossam essa afirmação, visto que o Brasil atualmente se posiciona como o maior exportador de soja e carne bovina do mundo. Não somente, as maiores empresas do agronegócio no país atuam na região e possuem operações com ramificações multinacionais (Sawyer *et al.*, 2018).

As perspectivas futuras para o bioma são bastante desafiadoras devido a um agravante que é a estrutura fundiária altamente concentrada. Sawyer *et al.* (2018) expõe que, de acordo com o Censo Agropecuário de 2006, apenas 9% da área total do Cerrado, cerca de 180.000 km², são de propriedade de pequenos agricultores, ainda que estes sejam detentores de 69% de todas as propriedades rurais da região. Com tal cenário em vista, conclui-se que, sem pressão política e iniciativas factuais para apoiar esta comunidade, há uma considerável tendência para a manutenção da maior concentração de terras em grandes latifúndios, o que pode acelerar as taxas de mudança do uso da terra para atividades que impulsionam o desmatamento e geram impactos negativos sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos.

Por fim, outros elementos aos quais deve ser dada a devida atenção são as perdas ocultas atreladas ao reflorestamento por meio da regeneração vegetal secundária e da silvicultura. Tais práticas podem ser incentivadas em larga escala em busca de um aumento líquido da cobertura florestal, no entanto as perdas qualitativas existentes com a expansão de

uma vegetação de reflorestamento podem ser extremamente danosas para as condições de preservação do bioma, principalmente tratando da manutenção dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade. Além disso, a silvicultura pode causar o aumento da pressão sobre áreas de vegetação primária visando o uso da terra em atividades que foram impossibilitadas pelas atividades de reflorestamento, e este efeito colateral é potencializado pela baixa taxa de territórios com proteção legal no bioma, que é, segundo Sawyer *et al.* (2018), de apenas 8,3%, sendo 3,1% categorizadas como Áreas de Proteção Integral e 5,2% como Áreas de Uso Sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos oriundos do bioma Cerrado são parte essencial da balança comercial brasileira, representando cerca de 30% do PIB do país, além de o bioma ser o principal responsável pela produção de diversas *commodities*, dentre elas a soja e a carne bovina. Tais *commodities* são grandes vetores de pressão sobre as condições de preservação do bioma, o qual possui um grande potencial aquífero, abriga dezenas de comunidades indígenas e quilombolas, que fazem parte do patrimônio histórico e cultura do país, possui em sua flora espécies endêmicas como o Pequi e é o *habitat* de espécies em risco de extinção, como o tamanduá-bandeira e o lobo-guará.

As condições atuais de concentração fundiária e o histórico recente de aumento do desflorestamento do bioma reportado pelo RAD (2023) acendem um alerta para a urgência da tomada de decisões visando a recuperação da cobertura florestal, mas também a conservação de áreas ainda não modificados pensando nas perdas ocultas que podem decorrer da ação antrópica em tais regiões. Vale salientar que as lacunas no volume de estudos sobre o Cerrado se refletem nos níveis de esforços despendidos pela sociedade como um todo, sejam órgãos governamentais e não-governamentais, fundos internacionais e agentes da sociedade civil, para a preservação do bioma. Com isso em vista, o presente trabalho visa também contribuir de alguma forma para o maior reconhecimento dessas necessidades, destacando as principais causas da degradação, os diferentes fatores e mecanismos capazes de impactar a transição florestal e as áreas de maior relevância para se atuar na proteção e recuperação do bioma com o intuito de facilitar o alavancamento de investimentos na região.

Considerando os fatores diretos e indiretos que influenciam o uso da terra, os mecanismos da transição florestal e as diferentes vias para tal, a existência de áreas-chave para a biodiversidade e a ocorrência de perdas ocultas no processo de desflorestamento, os pontos elencados a seguir devem ser sempre considerados para a elaboração de políticas públicas ou direcionamento de investimentos para a conservação do bioma. Em primeiro lugar tem-se que, baseado nas vias das políticas públicas, do desenvolvimento econômico e da globalização, a vinculação de ações para a conservação ambiental com ações de cunho social e de ações para a conservação da biodiversidade com a capacidade destas de influenciar positivamente serviços ecossistêmicos e a mudança climática é capaz de impulsionar os recursos disponibilizados, levando em conta que a pauta climática e de equidade social tem demonstrado substancial relevância nas discussões nacionais e internacionais. Não somente, a participação de comunidades locais e pequenos produtores, baseado na via do pequeno

produtor, é fundamental para uma preservação eficiente e em larga escala, sobretudo no Cerrado, por abrigar um volume considerável de comunidades indígenas e quilombolas.

É necessário também aprimorar a base científica e tecnológica para a conservação do Cerrado, considerando que hoje no Brasil a maior parte dos estudos voltados para a temática de conservação ambiental são focados no bioma Amazônia e que as características fisionômicas da cobertura vegetal do Cerrado dificultam o monitoramento das condições de preservação apenas por imagens de satélite, reduzindo a confiabilidade dos dados e aumentando a dependência de monitoramento *in loco*. Ademais, a conscientização da sociedade civil, imprensa e tomadores de decisão sobre as condições de preservação do bioma, bem como uma maior pressão destacando os níveis insuficientes de esforços despendidos atualmente, podem ter impacto considerável sobre o nível de investimento dedicado ao Cerrado pelo governo e por fundos internacionais, visto que o passado recente evidencia um avanço da pressão antrópica sobre a região. Além disto, considerando a via da globalização, o estabelecimento de obrigações conjuntas em encontros internacionais é imprescindível para a atuação direcionada a um bioma tão fortemente impactado pelas dinâmicas econômicas globais, sendo insustentável o financiamento apenas pelos atores locais.

Por fim, priorizar o direcionamento dos investimentos captados aos corredores das KBAs é de suma importância, uma vez que são áreas com maior elasticidade relativa entre investimento e ganhos qualitativos relacionados à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos do Cerrado. Isto é, os corredores têm a capacidade de aumentar a eficiência dos investimentos, tornando possível a economia de recursos financeiros sem limitar os resultados sobre a conservação e recuperação do bioma, possibilitando a execução de mais ações voltadas para este objetivo, ou até mesmo a expansão de ações com outros objetivos sendo vinculadas às ações principais.

REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. Small mammal populations of Brazilian Cerrado: the dependence of abundance and diversity on habitat complexity. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 41, n. 1, p. 223-230, 1981.

ANGELSEN, A. Forest Cover Change in Space and Time: combining the Von Thunen and forest transition theories. **Policy Research Working Paper**, n. 4117, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1596/1813-9450-4117>>. Acesso em: 13 out. 2024.

ANGELSEN, A. Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 46, p. 19639-19644, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.0912014107>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BFG (The Brazil Flora Group). **Flora do Brasil 2020**. Rio de Janeiro, 2021. 28 p.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. Safra 2024/25. **Perspectivas para a Agropecuária**, Brasília, v. 12, p.1-144, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 22 fev. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro, 2019. 164 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bioma predominante por Município para fins estatísticos**. Rio de Janeiro, 2024a. 39 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Plataforma Geográfica Interativa do IBGE. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil**. Rio de Janeiro, 2024b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/biomass/#/home>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**: Volume I. Brasília, 2018. 492 p.

BRASIL. TerraClass. **TerraClass Cerrado**. Disponível em: <<https://www.terraclass.gov.br/webgis>>. Acesso em: 22 fev. 2025.

CALABONI, A. **Transição Florestal no estado de São Paulo, Brasil**: fatores associados ao desmatamento e recuperação das matas nativas. 2017. Tese (Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo,

São Paulo, 2017. Disponível em:

<<https://doi.org/10.11606/T.41.2017.tde-18082017-170805>>. Acesso em: 13 out. 2024.

COUTINHO, L.M. Fire in the Ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G.

Fire in the Tropical Biota. **Ecological Studies**, v. 84, p. 82-105, 1990. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_6>. Acesso em: 25 jan. 2025.

CURRAN, M.; HELLWEG, S.; BECK, J. Is there any empirical support for biodiversity offset policy? **Ecological Applications**, v. 24, n. 4, p. 617–632, 2014. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1890/13-0243.1>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

GARTLAN, K. **The global power of Brazilian agribusiness**. London: Economist Intelligence Unit, 2010. 18 p.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143-150, 2002. Disponível em:

<[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)>. Acesso em: 13 out. 2024

GRAINGER, A. The forest transition: an alternative approach. **Area**, v. 27, n. 3, p. 242-251, 1995. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/20003580>>. Acesso em: 19 jan. 2025.

GRECCHI, R. S.; GWYN, Q. H. J.; BÉNIÉ, G.; FORMAGGIO, A. R.; FAHL, F. C. Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion. **Applied Geography**, v. 55, p. 300-312, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.09.014>>. Acesso em: 13 out. 2024.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic Growth and the Environment. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995. Disponível em:

<<https://doi.org/10.2307/2118443>>. Acesso em: 13 out. 2024.

HOLL, K. D.; BRANCALION, P. H. S. Tree planting is not a simple solution. **Science**, v. 368, n. 6491, p. 580–581, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.aba8232>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. **Land Use Policy**, v. 27, n. 2, p. 108-118, 2010. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.003>>. Acesso em: 13 out. 2024.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 9, p. 3465-3472, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1100480108>>. Acesso em: 13 out. 2024.

MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (1985-2023)**. 1. ed. São Paulo: MapBiomias, 2024a. Disponível em:

<<https://doi.org/10.58053/MapBiomias/XXUKA8>>. Acesso em: 13 out. 2024.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023**. São Paulo, 2024b. 154 p. Disponível em: <<https://alerta.mapbiomas.org/relatorio>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

MATHER, A. S. The Forest Transition. **Area**, v. 24, n. 4, p. 367-379, 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/20003181>>. Acesso em: 12 out. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Cerrado**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/ecossistemas/biomas/cerrado>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

MORALES, L.; BRAGAGNOLO, C. Análise da transição florestal na Amazônia Legal. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 30, n. 2, p. 132-154, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v30i2a2023.3395>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

MYERS, N. Threatened biotas: “Hot spots” in tropical forests. **The Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF02240252>>. Acesso em: 30 jan. 2025.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.; Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/554094>>. Acesso em: 25 jan. 2025.

ROSA, M. R.; BRANCALION, P. H. S.; CROUZEILLES, R.; TAMBOSI, L. R.; PIFFER, P. R.; LENTI, F. E. B.; HIROTA, M.; SANTIAMI, E.; METZGER, J. P. Hidden destruction of older forests threatens Brazil’s Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science Advances**, v. 7, n. 4, p. 1–9, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

RUDEL, T. K.; COOMES, O. T.; MORAN, E.; ACHARD, F.; ANGELSEN, A.; XU, J.; LAMBIN, E. Forest transitions: towards a global understanding of land use change. **Global Environmental Change**, v. 15, n. 1, p. 23-31, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001>>. Acesso em: 13 out. 2024.

SAWYER, D. *et al.* **Perfil do Ecossistema: Hotspot de Biodiversidade do Cerrado**. 1. ed. Brasília: Supernova, 2018. 248 p.

SCHELP, L. K.; BRAGAGNOLO, C. Teoria da Transição Florestal: uma revisão bibliográfica para os biomas brasileiros. **Textos de Economia**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 01-32, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2175-8085.2023.e93917>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

STRASSBURG, B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A.; OLIVEIRA FILHO, F. J.; DE MATTOS SCARAMUZZA, C.; SCARANO, F.; FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 0099, p. 1-3, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>>. Acesso em: 13 out. 2024.

TATEISHI, H. R.; BRAGAGNOLO, C.; ALMEIDA, A. N. Forest, agriculture and land conversion: Environmental efficiency in Brazilian Amazon rainforest. **Forest Policy and Economics**, v. 133, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102615>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

UNIÃO INTERNACIONAL PARA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. **A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas**. 1. ed. Gland: IUCN, 2016. 37 p.