



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB  
CDS/ FACE/ IB/ IG/ IQ  
Curso de Ciências Ambientais

**Conectividade entre agronegócio e unidades de conservação:  
as reservas legais poderiam ser um “caminho do meio”?**

Sara Pitombo Bulhosa

BRASÍLIA – DF

2024

SARA PITOMBO BULHOSA

**Conectividade entre agronegócio e unidades de conservação:  
as reservas legais poderiam ser um “caminho do meio”?**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Ricardo Bomfim Machado.

BRASÍLIA – DF

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bc Bulhosa, Sara Pitombo  
Conectividade entre agronegócio e unidades de  
conservação: as reservas legais poderiam ser um "caminho do  
meio"? / Sara Pitombo Bulhosa; orientador Ricardo Bomfim  
Machado. -- Brasília, 2024.  
73 p.

Monografia (Graduação - Ciências Ambientais - UnB) --  
Universidade de Brasília, 2024.

1. corredor ecológico. 2. reserva legal. 3.  
conectividade. 4. Cerrado. 5. fragmentação. I. Machado,  
Ricardo Bomfim, orient. II. Título.

CONECTIVIDADE ENTRE AGRONEGÓCIO E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:  
AS RESERVAS LEGAIS PODERIAM SER UM “CAMINHO DO MEIO”?

Sara Pitombo Bulhosa

Prof. Orientador: Dr. Ricardo Bomfim Machado

Brasília-DF, de 04 março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado (Orientador)

Instituto de Ciências Biológicas (IB) da Universidade de Brasília

---

Profa. Dra. Cristiane Gomes Barreto (Avaliadora)

Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da Universidade de Brasília

---

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira (Avaliador)

Departamento de Economia (FACE) da Universidade de Brasília

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao mistério e acaso que se fez vida, conhecido em várias formas (deus, tao, olorum), mas chamo de natureza.

Agradeço ao Cerrado-sertão, meu templo, de onde brotei e espero que assim como eu, ele possa sempre rebrotar.

Agradeço a minha mãe Sileide, meu apoio total e minha primeira (e eterna) referência de amor, contemplação e gratidão à natureza-vida. E agradeço a meu padastro Rubem, minha referência de disciplina, superação e sabedoria.

Agradeço às minhas irmãs, minhas dorameiras que são meu *oriente* e me orientam (mal sabem elas). Sabrina meu maior exemplo de maturidade, sensatez e sensibilidade. Sibelle é entrega em tudo que se dispõe, e minha inspiração de dedicação para seguir firme no que acredita.

Agradeço às minhas primas-irmãs Yara, Celeste, Aninha, She e MaryBruno, que o acaso sanguíneo uniu e independente disso eu quero para sempre ao meu lado.

Agradeço às minhas amigas, irmãs/irmão que a vida me deu (em ordem alfabética): Alê, Aline, Bella, Caroll, Jucy, Mama, Pedro, Sami, Sílvia, Sol, Soninha, Tiane; que para minha sorte escolheram meu coração para morar, apesar de mim. Agradeço também a alegria que foram as XXTs; aos amigos de rua Rony e Welton; E à minha passagem e amigos da biologia.

Agradeço às minhas tias Pitombas, em especial à tia-oráculo Selma e às minhas segundas mães Cléa e Meire, se não fosse por elas eu não estaria onde estou e finalmente pegando o canudo.

Agradeço a meu parceirinho Caio, companheiro de aventuras e quietudes, pessoa que mais me aguenta, me faz aterrar e faz meus dias melhores; obrigada também à sua família tão especial.

Agradeço a meu lugar-aconchego UnB, que me proporcionou uma doce trajetória onde fui genuinamente feliz e entregue. Um imenso obrigada à querida Elaine que sempre zela por nós. Obrigada aos encontros e aos meus colegas dos *amb's*: caamb, enecambs, relaciamb; que compartilham o amor às ciências ambientais, e a luta para fortalecer esse curso em crescimento.

Agradeço ao Jaú e a todos que tanto me acolheram lá, onde conheci a Amazônia (o igarapé, a palafita, o tucumã) pela primeira vez e confirmei que a plenitude só um mato traz.

Agradeço à Enaile e Manoel que ascenderam uma luz no meu caminho enquanto atravessamos estrada rumo a terra indígena, agroecologia e seringal para conhecer a luta dos povos da floresta.

Agradeço a Mambaí, onde nas suas veredas tive mestres agricultores, que tanto me ensinaram e semearam em mim imenso conhecimento e admiração pela agricultura. Obrigada Thomas por me aproximar à realidade no campo, onde vivenciei a preciosidade fora do *campus*.

Agradeço a Murta, Zuchi e Cris, que em distintos momentos, adotaram nós cientistas ambientais e lutaram por esse curso, e tive a honra de ser transeunte e ser cúmplice dessa generosidade.

Agradeço aos meus grandes mestres professores, que como agricultores, cuidaram de nós alunos como sementes e nos regaram, sendo fonte de abundante entrega e conhecimento. Em especial aos meus *impulsionadores* que tanto me inspiraram, Amazonas, Denise, Elimar, Gustavo, Mireya, Mônica, Schmidt, Toni; e aos meus quase-orientadores, André, Cris, Jorge, Mercedes, cujas trocas foram fundamentais no meu processo de finalização da graduação.

E agradeço ao meu orientador Pacheco, que com tanta paciência me apoiou e me ajudou a concluir essa etapa tão significativa para mim, e dos fragmentos de esperança nasceu esse trabalho.

*“A terra não nos pertencia, nós é que pertencíamos à terra. Não dizíamos “aquela terra é minha”, e sim “nós somos daquela terra”.*

Nêgo Bispo

*“O saber ou a técnica, por competentes que sejam, nada significam, se não se perguntam para quê e para quem existem e operam, se não se perguntam a quem servem, se não se perguntam se há convivência do sábio com o cobiçoso.”*

Darcy Ribeiro

## RESUMO

Tendo em vista que a causa primária da perda de hábitat é a mudança no uso e cobertura do solo, esforços para estudar e mitigar essa mudança são necessários. Para reverter este processo, o principal mecanismo existente é o incremento da conectividade aliado a estratégia de formação de corredores ecológicos (CE). Além disso, CEs podem ser utilizados para complementar outros instrumentos de conservação, como a delimitação de áreas protegidas, fomentando-se o planejamento a uma perspectiva de paisagem e incrementando a efetividade na manutenção de hábitats. Atualmente o bioma Cerrado, no estado de Goiás e do Distrito Federal, apresenta regiões que restam poucas áreas de vegetação contínua em que as principais características da paisagem são a fragmentação da área e um grande avanço de conversão da vegetação nativa. Desta forma, este trabalho objetivou analisar a contribuição das áreas de Reservas Legais (RL) em promover conectividade estrutural por meio de corredores ecológicos entre Unidades de Conservação (UC) nas regiões de GO e DF. Para isto, foi realizado um mapeamento de rotas de corredores com o uso das ferramentas para modelagem de Caminhos de Menor Custo (CMC) em dois cenários distintos, o primeiro composto por áreas de RL (rota com RL) e o segundo sem considerar essas regiões (rota sem RL), para serem comparadas entre si com base nos critérios de comprimento, sinuosidade e custo delas. Foram utilizados dados secundários coletados no Terraclass Cerrado (MMA, 2015), CNUC (MMA, 2020), SiCAR (2020) e IBGE (2019a). O resultado das rotas a uma escala de paisagem, demonstrou que embora as rotas com e sem RL pareçam muito próximas em pequena escala, em uma escala maior há um distanciamento expressivo, com parte das trajetórias entre os pontos de origem sendo caminhos extensos, indicando que as UCs estão distantes uma das outras. E na avaliação detalhada em escala local, em que foram comparados os critérios (comprimento, sinuosidade e custo das rotas com e sem RL), foi encontrado que as rotas compostas por RLs apresentaram indicadores mais favoráveis do que as rotas sem RL, por serem formadas por trajetos com menores custos de movimentação e comprimentos similares entre as rotas com e sem RL. Assim, ficou evidenciado a importância das áreas de RL para incrementar a permeabilidade da área estudada, tendo em vista o elevado custo de movimentação ao desconsiderar essas áreas. Além disso, os resultados indicaram que, para o planejamento de corredores, é importante ser avaliado não apenas a perspectiva de paisagem, mas também a análise detalhada das rotas. Portanto, os resultados dos mapas apresentados mostraram que as áreas de RL da região estudada do estado de GO e do DF podem promover a conectividade estrutural da região através de corredores que percorrem áreas de RL. Portanto, os resultados apresentados neste estudo mostram a importância das áreas de RL para promover a conectividade da paisagem do bioma Cerrado em GO e no DF.

Palavras-chave: 1. Corredor ecológico; 2. Fragmentação; 3. Cerrado; 4. Caminho de menor custo; 5. Conservação da biodiversidade.

## **LISTA DE FIGURAS, QUADROS, GRÁFICOS E TABELA**

Figura 1 – Diagrama demonstrativo das etapas dos métodos utilizados neste estudo.

Figura 2 – Mapa da distribuição das inúmeras rotas processadas em ambos os cenários.

Figura 3 – Mapa das rotas de corredores ecológicos de cada cenário.

Figura 4 – Recorte do mapa em menor escala, das rotas de corredores ecológicos.

Quadro 1 – Classes temáticas da cobertura do solo do Cerrado definidas no TerraClass.

Quadro 2 – Unidades de Conservação de Proteção Integral no DF e em GO coletadas.

Quadro 3 – Unidades de Conservação selecionadas como áreas de centroides para a elaboração dos corredores ecológicos.

Gráfico 1 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério do comprimento.

Gráfico 2 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério de sinuosidade.

Gráficos 3 e 4 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério de custo médio e acumulado.

Tabela 1 – Valores originais e valores atribuídos às classes de cobertura e uso do solo e às áreas de RLs, do mapa de “superfície de custo”.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMB – Áreas Metropolitanas do DF  
 A.P. – Antes do Presente  
 APP – Área de Preservação Permanente  
 AUR – Área de Uso Restrito  
 CAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural  
 CE – Corredor Ecológico  
 Cepea – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada  
 CF – Código Florestal  
 CMC – “Caminho de Menor Custo”  
 CNUC – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação  
 DF – Distrito Federal  
 Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
 FSF – Free Software Foundation  
 GO – Goiás  
 GNU – GNU Não é Unix  
 ha – Hectar(es)  
 IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
 INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
 IVE – Índice de Volume Exportado  
 LPVN – Lei de Proteção da Vegetação Nativa  
 MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
 MMA – Ministério do Meio Ambiente  
 PDOT-DF – Plano Diretor de Ordenamento Territorial  
 PIB – Produto Interno Bruto  
 PP-G7 – Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil  
 RA – Região Administrativa  
 RIDE – Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno  
 RL – Reserva Legal  
 SAD69 – South American Datum 1969  
 SFB – Serviço Florestal Brasileiro  
 SiCAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural  
 SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente  
 SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza  
 Terraclass Cerrado – Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado  
 TI – Territórios Indígenas  
 TTO – Territórios Tradicionalmente Ocupados  
 UC – Unidade de Conservação  
 UCPI – Unidade de Conservação de Proteção Integral  
 UCUS – Unidade de Conservação de Uso Sustentável  
 UF – Unidade da Federação  
 UFG – Universidade Federal de Goiás  
 UFU – Universidade Federal de Uberlândia  
 ZEE-DF – Zoneamento Ecológico Econômico

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	Agronegócio: antagonista ou sinérgico?.....	12
1.2.	Mecanismos para a conservação e a importância em integrá-los.....	15
2.	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	20
2.1.	Bioma Cerrado: breve contextualização.....	21
2.2.	Características gerais de Goiás e do Distrito Federal.....	26
3.	MÉTODOS.....	32
3.1.	Elaboração do mapa de “superfície de custo”.....	34
3.1.1.	Definição, coleta e seleção dos dados utilizados.....	34
3.1.2.	Tratamento dos dados do mapa de “superfície de custo”.....	39
3.2.	Elaboração dos Corredores Ecológicos.....	41
3.2.1.	Método de “caminho de menor custo”.....	42
3.2.2.	Reclassificação e conversão do mapa de “superfície de custo”.....	43
3.2.3.	Processamento das rotas em dois.....	46
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1.	Cenários de corredores: rotas com e sem RL.....	50
4.2.	Uso e cobertura do solo da região estudada.....	59
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

## 1. INTRODUÇÃO

O atual cenário da cobertura vegetal e uso do solo no Cerrado demonstra que os desafios futuros, que serão recorrentes no bioma, com relação ao planejamento para a conservação da biodiversidade, são aqueles relacionados à perda de hábitat e à fragmentação. Dentre as pesquisas relacionadas a esse campo de estudo, alguns especialistas, a destaque da pesquisadora Fahrig (2003), apontam que esses dois aspectos (fragmentação de hábitat e perda de hábitat) podem ou não estarem correlacionados (Tischendorf e Fahrig, 2000; Fahrig *et al.*, 2019). Contudo, mesmo ainda havendo debate, o consenso na comunidade científica é o fato: a maior causa da perda de hábitat é a expansão das áreas de agropecuária, uma pressão que invariavelmente leva à fragmentação dos ecossistemas nativos (Hilty, Lidicker, Merender, 2006; Wilson *et al.*, 2016; Haddad *et al.*, 2015; Ibarra-Macias, Robinson, Gaines, 2011; Carvalho *et al.*, 2009; Beier e Noss, 1998; Watss *et al.*, 2010; Rocha *et al.*, 2018; Diniz-Filho *et al.*, 2009).

Ainda há uma variedade de lacunas que precisam ser analisadas referente à fragmentação, já que o comportamento da fauna e outros organismos associados podem ser os mais variados, como por exemplo, a fragmentação pode afetar mais a espécies especialistas do que as generalistas, e pode afetar mais os organismos dependentes de hábitats naturais do que os não dependentes (Hilty, Lidicker, Merender, 2006). Contudo, independente dessas variáveis, a perda de hábitat é crescente e é preciso incrementar as ações para mitigar este cenário. E uma forma de reverter esse quadro é por meio do aumento da conectividade, pois ainda que seja desconhecido como a perda de hábitat afeta os indivíduos, sabe-se que esta é a maior causa de ameaça a biodiversidade e que esforços para a conservação devem ser feitos. A conectividade é a capacidade de uma paisagem permitir a livre movimentação dos organismos entre os ambientes naturais (Taylor *et al.*, 1993).

Como dito, a causa primária da perda de hábitat é a mudança no uso e cobertura do solo. Esforços para estudar e mitigar essa mudança ainda são escassos. Há diversos estudos que tentam analisar as adaptações dos organismos frente à perda de hábitat e às mudanças climáticas (Carvalho *et al.*, 2009), mas a rapidez em que isto ocorre pode fazer com que esses estudos sejam menos aplicáveis. Com isso, a perda de hábitat pode estar levando ao maior evento de extinção pois não se sabe o quão resiliente o ambiente pode ser, e isso afetará os serviços ecossistêmicos. Por isso é urgente que sejam incrementados os esforços voltados para a conservação da biodiversidade e de seus processos, para não somente promover a sobrevivência dos seres humanos, mas todos os organismos que existem.

Há uma variedade de pesquisas sobre como garantir a conservação da biodiversidade em longo prazo (Reyers, 2002; Rodrigues, Gregory, Gaston, 2000; Nichols, 1998). Alguns autores, inclusive, realçam a importância de um planejamento que não busque conservar apenas o padrão de biodiversidade, mas também os processos ecológicos que mantêm esses padrões, pois entende-se que a biodiversidade só poderá ser mantida no longo prazo se esses processos ecológicos e evolutivos forem incluídos no escopo da conservação (Reyers et al, 2002; Machado et al, 2009; Ganem, Drummond, Franco, 2013).

Tendo isso em vista, o presente trabalho tem a premissa de que o planejamento para a conservação da biodiversidade deve se basear na manutenção e conservação dos processos ecológicos através do uso integrado de mecanismos de conservação. Sendo considerado uma análise em escala territorial da paisagem, buscando-se com isso, não apenas o estabelecimento de áreas protegidas isoladas mas também a conectividade dentre essas áreas. Além disso, entende-se também neste trabalho, que o estabelecimento de corredores ecológicos promove a conectividade e podem ser uma importante ferramenta que fomenta a conservação de processos ecológicos, como a polinização, dispersão, dinâmica populacional, controle de pragas, dentre outros.

No trabalho de Hilty et al. (2020), os autores apresentam um guia para formulação de corredores e apontam o quanto a conectividade é fundamental para melhorar a eficácia da conservação de áreas protegidas e destacam que os profissionais e cientistas dessa área demonstram que a conservação da biodiversidade só poderá ser alcançada se estiverem funcionalmente conectadas. Neste estudo os autores também apresentam inúmeros exemplos de estudos que verificaram a eficácia funcional dos corredores. Além disso, Beier e Noss (1998) apresentaram uma abrangente revisão de todos os estudos referentes a corredores publicados<sup>1</sup> no período de 1980 a 1997, analisaram 36 publicações e concluíram que os corredores de fato são estratégias que podem aumentar ou manter a conectividade, quando são bem planejados e bem desenhados.

Para isto, tem-se a clareza da complexidade e dos inúmeros fatores que estão envolvidos na difícil tarefa que é planejar a conservação em uma escala de paisagem, pois sabe-se que no planejamento para a conservação há inúmeros interesses e conflitos envolvidos no uso e

---

<sup>1</sup> Foram buscados nos periódicos: Auk, Biological Conservation, Condor, Conservation Biology, Ecological Applications, Ecology, Journal of Mammalogy, Journal of Wildlife Management, Wildlife Society Bulletin, Wilson Bulletin.

cobertura do solo. Desta forma, o intuito desse trabalho não foi de se realizar um estudo sem fundamentação (“fantasioso”), mas sim, buscou-se aqui, avaliar a combinação das ferramentas da legislação que já estão vigentes no local estudado, para que sejam ressaltadas e pontuadas as características que possam contribuir na melhoria de seu uso, e conseqüentemente, no processo de planejamento para a conservação.

Assim, este trabalho objetivou analisar a contribuição das áreas de Reservas Legais (RL) ao verificar seu potencial em promover conectividade estrutural por meio de corredores ecológicos entre Unidades de Conservação (UC) nas regiões de GO e DF. Para isso, foi utilizado as ferramentas para modelagem de Caminhos de Menor Custo (CMC) para realizar um mapeamento de rotas de corredores em dois cenários de conservação distintos, o primeiro composto por áreas de RL (cenário 1: rota com RL) e o segundo sem considerar essas regiões (cenário 2: rota sem RL). Cada um dos cenários foram feitos para serem comparados três aspectos das rotas: comprimento, sinuosidade e custo de movimentação. Tendo isso em vista, nesta seção serão apresentados alguns dos principais conceitos que embasaram a elaboração deste estudo, discorridos nos tópicos seguintes.

### **1.1. Agronegócio: antagonista ou sinérgico?**

O fato da história do Brasil estar atrelada ao movimento da fronteira agropecuária é um cenário antigo e persistente no território nacional, sendo objeto de investigação por diversos intelectuais como Celso Furtado, Caio Prado Júnior, Milton Santos (Soares, 2023). Esse histórico proporcionou ao país a predominância do Agronegócio no setor econômico, em que o processo colonial, a extensão territorial do País, as relações de mercado externo, dentre outros fatores, contribuíram para sua alta participação na economia nacional. Tendo em vista essa crescente participação e seu modelo de produção vigente, em consequência surgem preocupações entorno dos impactos dessa hegemonia do setor. No entanto, também é notório sua importância para o País, tanto do ponto de vista financeiro quanto social, pois o setor influenciou inúmeros seguimentos socioculturais que também fazem parte da formação da identidade nacional.

O agronegócio envolve toda cadeia existente no setor referente à produção industrial alimentícia com uso intensivo de tecnologia e insumos. Segundo Davis e Goldberg (1957), o conceito de agronegócio abrange a diversidade de insumos e recursos presentes no processo da produção agropecuária, como as etapas de processamento, armazenamento e escoamento de

alimentos e os recursos referente a fornecedores e prestadores de serviços, dentre outros. Com isso, entende-se que o Agronegócio é um extenso campo abrangendo inúmeros serviços e insumos. Dentre a complexa rede existente no agronegócio, a atividade agropecuária é um importante componente, e essa área será o enfoque deste estudo. Para isso, entende-se como agropecuária toda a cadeia de produção agrícola e pecuária presente nas atividades produtivas do campo do Agronegócio.

O agronegócio vem apresentando um aumento econômico de forma crescente nos últimos anos. A partir do principal indicador de crescimento econômico, o PIB, pode-se observar a conjuntura da sua participação econômica no Brasil. Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) (Cepea e CNA, 2020), centro de pesquisa que publica periodicamente informações sobre a produção do setor<sup>2</sup>, o percentual de participação do agronegócio no PIB nacional variou de 18,6% a 34,8% do ano de 1996 a 2020, iniciando com seus maiores índices em 1996, tendo uma queda de 2005 a 2015 e voltando a crescer no ano seguinte até os dias atuais, apresentando, portanto, oscilações a cada década. No mesmo período, os seguimentos de indústria e serviços apresentaram maiores valores de participação. No ano de 2020, o PIB agropecuário alcançou a marca de R\$ 1,967 trilhões, com sua maior parcela referente ao ramo agrícola e menor parcela ao ramo pecuário. Além disso, o faturamento de suas exportações alcançou os valores de R\$ 101 bilhões (Cepea e CNA, 2020) em 2020, com a China, União Europeia e EUA, permanecendo, estes, os principais parceiros do Brasil. Essas exportações, diferente do percentual de participação do PIB nacional, cresceram consecutivamente, apresentado exorbitantes aumentos desde a década de 2000, segundo o Índice de Volume Exportado (IVE) do Cepea, apresentou um aumento no ano 2000 de 100% chegando ao aumento de 500% no ano de 2020 (Cepea, 2020).

Esse elevado faturamento do setor foi incrementado a partir do aumento da ocupação agropecuária que ocorreu nas últimas quatro décadas. Isso pode ser observado no mapeamento realizado por Vieira Filho e Fishlow (2017), em que na década de 1970 a produção se concentrava no litoral brasileiro, mas a partir da década de 1980 a 1990, com a abertura econômica e financeira do País, houve uma expansão para a região do bioma Cerrado. Recentemente, desde o início na década de 2000, a produção agropecuária vem se expandindo,

---

<sup>2</sup> No sumário executivo do Cepea (2020), os dados referentes ao agronegócio estão tabulados divididos nos setores de: agropecuária, indústria, insumos e serviços. Para este estudo foi utilizado os dados do agronegócio como um todo, ou seja, foram considerados os dados do PIB que continha todos estes setores.

ainda na região do Cerrado, para a área comumente conhecida como Matopiba, composta pelos estados do Maranhão (MA), Tocantins (TO), Piauí (PI) e Bahia (BA), as “novas fronteiras agropecuárias da região dos cerrados”, como é usualmente denominada pelo setor.

As previsões para o setor agropecuário nacional realizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2020) indicam que a produção de grãos deverá passar de 250,9 milhões de toneladas em 2019/20 para 318,3 milhões de toneladas em 2029/30, com a área de grãos expandindo-se dos atuais 65,5 milhões de hectares para 76,4 milhões de hectares em 2029/30. Assim, as regiões Centro-Oeste e Norte são tidas como as regiões que podem apresentar os maiores aumentos de produção e área, com os estados de Tocantins e Rondônia liderando a expansão da produção, segundo as previsões do MAPA (2020).

Com base nos altos índices de produção e crescimento econômico da agropecuária, uma vez que este setor tem como base a conversão de recursos naturais, naturalmente surgem questionamentos em torno dos limites e impactos socioambientais desse modelo que vem sendo crescentemente perpetuado. Assim, apesar da dimensão dos ganhos econômicos, expostos com recorrência através do PIB agropecuário, é paralelamente notória a dimensão dos impactos negativos do setor. Tanto a comunidade científica quanto as organizações da sociedade civil e de movimentos sociais, frequentemente alertam para seus danos socioambientais, tendo em vista as inúmeras evidências e observações empíricas.

Alguns dados e evidências que exemplificam esses danos socioambientais, são: 1. Agravamento no número de ocorrência de conflito no campo, chegando ao número recorde de 1.576 no ano de 2020 (CPT, 2020); 2. Aumento de contaminação devido ao uso de agrotóxico nos recursos hídricos, na qual dados do Sisagua do Ministério da Saúde (MS) mostraram que 25% das cidades brasileiras apresentavam vinte e sete tipos de agrotóxicos distintos (MS, 2020); além disso, conforme Lopes, Gurgel e Melo (2023), há ocorrências de contaminação também em populações que dependem diretamente destes recursos hídricos; 3. Aumento de fusões entre empresas do ramo do agronegócio, formando-se conglomerados de oligopólios (Santos, Glass, 2018). 4. Aumento da concentração de terras de grandes propriedades, em que, 36,1% das terras são públicas, mas a maior parcela do território nacional (44,2%) é ocupada por imóveis rurais (21,5% grandes, 11,3% média e 9,8% pequenas propriedades) (Sparovek *et al.*, 2019). 5. E, por fim, aumento da fragmentação e diminuição do tamanho médio de fragmentos de vegetação nativa na paisagem levando à perda de hábitat e de conectividade (Barbalho, Silva, Giustina; 2015; Bianchi e Haig, 2013; Carvalho, Marco Jr., Ferreira, 2009).

Estes alertas não devem ser interpretados como uma forma de depreciar a importância do setor, mas sim destacar os desafios e a necessidade de mudança na forma como o modo de produção vem sendo perpetuado nas últimas décadas. A ocorrência de impactos socioambientais em si não é um motivo de demérito da agropecuária, pois todo empreendimento que demanda o uso de recursos naturais vai apresentar externalidades e impactos negativos no meio natural. No entanto, esses impactos se tornam uma objeção quando seus danos se apresentam predominantes e ameaçam a resiliência do ambiente. Por isso, alguns estudiosos apontam críticas em torno do modelo da produção vigente, destacando que são necessárias mudanças em seu modelo produtivo (Sambuichi *et al.*, 2012; Silva, 1982, Ricardio, 2011).

## **1.2. Mecanismos para a conservação e a importância em integrá-los**

Tendo em vista os inúmeros impactos que ameaçam a conservação da biodiversidade, há distintas formas existentes de mitigar este quadro (Machado *et al.*, 2009; Reyers, 2002; Rodrigues, Gregory, Gaston, 2000; Nichols, 1998; Guéneau *et al.*, 2020). Alguns deles podem ser a redução do desmatamento, o aumento das áreas protegidas, o incremento da conectividade por meio da reversão da fragmentação, o fortalecimento de organizações de base comunitária para a produção extrativista, a proteção dos territórios onde há povos tradicionais e originários, dentre outros fatores.

Segundo Drummond, Franco e Oliveira (2010), desde o século XIX a estratégia do estabelecimento de áreas protegidas vem sendo utilizada como principal instrumento para a conservação. Os autores apontam que um dos motivos que fundamentou a implementação de áreas protegidas era a garantia de provisão de recursos para o abastecimento humano. Contudo, esta finalidade foi sendo modificada no decorrer do tempo, até essa flexibilização contemplar uma diversidade de modelos e propósitos para o estabelecimento dessas áreas, até ser sancionada na legislação brasileira e também por meio de metas levantadas na Convenção da Diversidade Biológica (CDB).

O principal modelo formal de área protegida existente no Brasil são as Unidades de Conservação (UC), regulamentada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e a Lei nº 9.985, 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), onde se estabelece que UCs são territórios com limites definidos, cujo objetivo é assegurar a conservação dos

recursos naturais presentes. No SNUC, além da regulamentação entorno da criação e gestão das UCs do Brasil, há diversas categorias de UCs divididas em dois grupos, “Proteção integral” e “Uso Sustentável”, que permitem diferentes níveis de intervenção na natureza, que vão desde a simples contemplação até a extração controlada de recursos.

Além das UCs, há outras categorias de áreas protegidas legalmente reconhecidas, como as Reservas Legais (RL) e as Áreas de Preservação Permanente (APP), regulamentadas por meio da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), popularmente chamado de Código Florestal (CF).

As áreas de Reservas Legais (RL) e as Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas de vegetação nativa inseridas em imóveis rurais privados. As RL são regiões alocadas em qualquer configuração da propriedade de forma que ocupe um percentual mínimo do imóvel rural. Na maior parte do Brasil esse percentual é de 20% e para as áreas na Amazônia Legal, o percentual mínimo de 80% das regiões de floresta, 35% regiões de Cerrado e 20% regiões de campos gerais. Já as APPs, que têm o objetivo de preservar os recursos hídricos e proteção do solo, são áreas que devem ser mantidas ao longo de cursos d’água, nascentes, veredas, restingas, manguezais, encostas e topos de morros. O registro dessas áreas é realizado mediante cadastro no sistema do Cadastro Ambiental Rural (CAR), obrigatório para todas as propriedades e posses rurais do País (BRASIL,2012).

Além desses três modelos, há outros tipos de áreas protegidas existentes no Brasil, algumas delas estão descritas por meio do Decreto nº 5.758 (BRASIL, 2006), onde são incluídas as Reservas da Biosfera e os territórios com comunidades quilombolas, extrativistas e indígenas. Ademais, as áreas protegidas podem apresentar melhor desempenho na conservação, caso sejam incrementadas melhoria na gestão, conforme é demonstrado pelos autores Barreto e Drummond (2017). Nas decisões apontadas na Conferência entre as Partes para a Convenção da Diversidade Biológica do ano de 2022 (CDB/COP 15), o Brasil estabeleceu uma série de compromissos relacionadas à implementação das Metas de Biodiversidade de Aichi, buscando-se promover o planejamento da conservação da biodiversidade. Dentre os compromissos estabelecidos, alguns exemplos são: o incremento de áreas protegidas e mosaicos, o estabelecimento de corredores ecológicos e a gestão florestal e agrícola sustentáveis.

Picoli (2011) aponta que há dificuldade em valorar os benefícios que as áreas de UCs trazem, pois são escassos os estudos que mensurem os valores da biodiversidade. Para o bioma Cerrado, os autores Fonseca, Machado e Prado (2008) demonstram que o mínimo necessário

para manter UCs no Cerrado representaria apenas 0,5% do que o País investe na produção agropecuária.

No bioma, as Unidades de Conservação (UC) ocupam 8,75% (163.108 km<sup>2</sup>) do território, sendo 32,67% (53.962 km<sup>2</sup>) da categoria de Proteção Integral e 67,33% (109.146 km<sup>2</sup>) de Uso Sustentável (MMA, 2020). Com as áreas de RL cobrindo 17,23% (35.134.896,66 ha) do bioma e áreas de APP correspondendo a 3,63% (7.404.371,78 ha) (SBF, MAPA, GIZ, 2020). Além disso, o bioma apresenta elevados índices de fragmentação e um aumento na quantidade de fragmentos (Cunha *et al.*, 2007; Barbalho, Silva, Giustina, 2015).

Historicamente os mecanismos mais usuais para a manutenção de remanescentes de vegetação nativa são os instrumentos de criação de áreas protegidas (Drummond, Franco, Ninis, 2006), e no Brasil, o planejamento para a conservação é comumente baseado no uso desta estratégia. Apesar desse mecanismo ser o mais básico e muitas vezes de fato promover a proteção da vegetação, o uso isolado desta ferramenta pode não garantir a conservação da biodiversidade e a manutenção dos processos ecológicos a longo prazo, fazendo frequentemente, com que essas áreas se tornem regiões isoladas. (Ganem, Drummond, Franco, 2013).

Dessa forma, faz-se necessário realizar um planejamento para a conservação que considere não apenas o estabelecimento de áreas protegidas, mas também o arranjo das áreas de remanescentes de vegetação na paisagem, buscando-se também sua conectividade. Pois os processos ecológicos existentes nos habitats poderão ser promovidos através desse planejamento baseado na paisagem. Esse aspecto é apresentado nos estudos de Reyers *et al.* (2002) e Machado *et al.* (2009), onde os autores apontam que as ações e o planejamento da conservação busquem também manter os padrões e os processos ecológicos presentes nos ecossistemas pois a biodiversidade será mantida em longo prazo apenas através da manutenção desses processos.

Além disto, a fragmentação presente no ambiente reforça esta demanda do planejamento a escala de paisagem e a busca por conectividade. As causas envolvidas no processo de fragmentação estão apresentadas na publicação realizada por Wilson *et al.* (2016), na qual os autores apresentam as principais conclusões obtidas em um seminário dentre especialistas do tema da fragmentação de habitat, e no estudo primeiramente os autores esclarecem a diferença entre fragmentação de habitat e perda de habitat, destacando que alguns habitats são naturalmente fragmentados, e que entender as causas e consequências da fragmentação são

fundamentais para a conservação da biodiversidade. Para em seguida apresentar os principais fatores que causam a fragmentação de hábitat, agrupados em três aspectos. O primeiro são os fatores atribuídos diretamente à perda de hábitat, o segundo referente à mudança na configuração espacial da paisagem, e o terceiro são referentes aos efeitos indiretos ou interações entre perda e configuração de hábitats.

Para reverter o processo de fragmentação de hábitats, o principal mecanismo existente é o incremento da conectividade, sendo que uma das estratégias para mitigar este fenômeno é a formação de corredores ecológicos (CE). Os CE são estruturas baseadas em modelos teóricos de população e na Teoria da Biogeografia de Ilhas de MacArthur e Wilson (MacArthur e Wilson, 1963). Segundo a teoria, áreas mais próximas (com maior conexão), tendem a ter comunidades de animais e plantas mais estáveis ao longo do tempo. No Brasil, os corredores ecológicos são descritos no Art. 2º XIX da lei nº 9.985, o SNUC, (BRASIL, 2000) e são definidos como parcelas de ecossistemas que ligam UCs, possibilitando o fluxo genético, dispersão e manutenção de populações. Esta definição de CE promulgada no SNUC será o conceito utilizado neste estudo.

Na publicação de MMA (2016), são apresentados alguns exemplos de CEs existentes no Brasil, no qual são iniciativas realizadas tanto pelos estados quanto pelo governo federal. As primeiras estratégias de corredores brasileiros geridas pelo MMA foram feitas através do Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil (PP-G7), em que o planejamento de corredores foi iniciado para o bioma Amazônia e em seguida implementado na Mata Atlântica. Até o momento da publicação, foram formalmente estabelecidos seis corredores, são eles: Corredor Capivara-Confusões, Corredor Caatinga, Corredor Ecológico Santa Maria, Corredor Ecológico Chapecó, Corredor Ecológico Timbó, Corredor Ecológico da Quarta Colônia. Além desses corredores formais, há outras iniciativas catalogadas no estudo de Santos e Alves (2023), em que as autoras apontam a existência de vinte e cinco corredores brasileiros em distintas fases de implementação<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Alguns dos corredores citados pelas autoras foram: Paranã-Pirineus; Ecótonos Sul Amazônicos; Central da Mata Atlântica; Araguaia-Bananal; Paranã-Tocantins; Cerrado Pantanal; Biodiversidade do Rio Paraná; Atlântico de Zimbros; Jaú-Anavilhanas, Lençóis Maranhenses-Delta do Parnaíba; Jalapão-Chapada das Mangabeira; Serra do Baturité; Guaporé; Manguezais na América; Tropical-Recôncavo Baiano; Mata Atlântica de Zimbros; Manguezais da Mata Atlântica Santa Catarina; Biodiversidade do Amapá; Araguaia Sul da Amazônia; Cuiabá-São Lourenço; Miranda-Bodoquena; Emas-Taquari; Serra de Maracaju-Negro; Calha Norte; Serra das Lontras; Serra da Capivara; Bacia do Xingu; Uruçuí-Uma-Mirador; Santa Maria; Central Fluminense; Oeste da Amazônia; Guaporé-Madeira; Corredor Meridional 1 e 2; Norte da Amazônia.

É recorrente o questionamento entorno da eficácia da implementação dos CE, no entanto há também pesquisas que demonstram o sucesso da estratégia de manejo (Hilty et al, 2020). Haddad et al (2015) apontam que os estudos que apresentam evidências de que os corredores incrementam as taxas de movimento em torno dos métodos de marcação-liberação-captura de indivíduos. No entanto, os autores ressaltam que, embora haja um número crescente de estudos que testaram essa hipótese de que corredores incrementam movimento, os estudos empíricos para corroborar essa hipótese ainda são escassos. Os autores Ibarra-Macias, Robinson e Gaines (2011), realizam uma revisão sobre o uso dos corredores pelas aves e apontam que as espécies de florestas tropicais têm tendência a resistir em atravessar ambientes mais abertos, quando comparadas a aves de ambientes temperados. Além disso, as trajetórias das espécies generalistas foram mais orientadas com a presença dos corredores.

Com isso, os CEs se apresentam como sendo um importante mecanismo para mitigar a fragmentação de habitats, ainda que não seja consenso a eficácia dessa estratégia, podendo ser utilizado para complementar os outros instrumentos de conservação, como a delimitação de áreas protegidas, para que seja possível se realizar um planejamento a uma escala de paisagem e incrementar a efetividade na manutenção de ecossistemas e habitats.

Ademais, no planejamento para a conservação da biodiversidade, além das áreas de UCs, RLs e APPS, podem ser incrementados outros modelos de áreas protegidas que contribuem, tanto diretamente quanto indiretamente, para a manutenção de áreas naturais, e a consequente conservação de remanescentes de vegetação nativa, como exemplo os Territórios Indígenas (TI) e os Territórios Tradicionalmente Ocupados (TTO) (Cunha, Magalhães, Addams, 2021). Os autores Guéneau, Diniz e Nogueira (2020), destacam que na priorização de áreas para a conservação, os métodos de definição de áreas protegidas muitas vezes não consideram questões sociais e a diversidade de uso e manejo dos solos. Os autores ressaltam que a presença de muitas comunidades são exemplos de ocupação importantes para a manutenção de vegetação nativa. No estudo de Andrade e Iadanza (2016), os autores também destacam a importância da participação de comunidades, contudo apresentam a importância desses povos em otimizar as ações e a gestão entorno das UCs.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O bioma Cerrado foi a área de estudo escolhida neste trabalho devido ao atual cenário de sua paisagem: atualmente este território apresenta regiões que restam poucas áreas de vegetação contínua, fazendo com que uma das principais características da paisagem seja a fragmentação de sua vegetação, conforme será apresentado na sequência desta seção. Assim, devido à fragmentação aparentar ser o maior impacto atualmente presente no bioma, escolheu-se realizar uma análise de sua conectividade.

Dentre os estados que compõem o bioma, foi escolhido o estado de Goiás (GO) e o Distrito Federal (DF) como área de enfoque, uma vez que essas regiões apresentam elevados índices de fragmentação e um grande avanço de conversão da vegetação nativa. Esses fatores podem ser observados a partir dos índices de cobertura do solo do bioma, em que atualmente 63,96% da área de GO e DF juntos é voltada para pastagem e agricultura e os outros 35,76% correspondem à área natural (formações campestres, florestais e não florestais), conforme é apresentado em Projeto MapBiomias (2020).

Quanto ao aspecto da fragmentação, os autores Pompeu, Assis e Ometto (2024) encontraram que o número de fragmentos no bioma Cerrado aumentou 20% no período de 1986 a 2019, com o efeito de borda em 10% da região e aumento do isolamento, restando áreas contínuas menos fragmentadas apenas na região norte do bioma. Cunha et al (2007) analisaram a fragmentação de 21%<sup>4</sup> do território de GO, abrangendo também o DF, e foi identificado que a região possui fragmentos com tamanho médio de 123,93 hectares (ha), sendo 82,12% dos fragmentos inferiores a 1,0 ha. Barbalho, Silva e Giustina (2015) também analisaram a fragmentação nas microrregiões geográficas de Ceres e Goiás, e encontraram um avanço na quantidade e redução no tamanho dos fragmentos, em que no período de 1985 a 2012 a quantidade de fragmentos duplicou e seus tamanhos foram reduzidos à mais da metade.

Tendo o recorte da área como sendo o bioma Cerrado em GO e no DF, foi escolhido realizar a avaliação da formação de corredores ecológicos na área. Para isto, foram selecionadas as delimitações de Reservas Legais (RLs) para compor os corredores, e os limites de Unidades de Conservação (UCs), para compor os pontos de origem/destino das rotas. Entretanto, dentre o total de unidades de conservação e reservas legais presentes em GO e DF, foram selecionadas

---

<sup>4</sup> Do total de 28 cartas que abrangem GO e DF, foram analisadas 6 cartas que correspondem às cidades de Brasília, Campos Belos, Goianésia, Goiânia, Iaciara e Morrinhos, totalizando uma área de 42.860.000,00 ha e 21% de GO e DF juntos.

as UCs da categoria Proteção Integral, e as RL com as situações: RL Averbada, RL Autorizada e RL em Análise para Averbção. Além das áreas protegidas, para a elaboração dos corredores foram utilizadas também as informações da região de GO e DF referentes ao uso e cobertura do solo, compostas pelos dados de: vegetação nativa, agricultura, pecuária, silvicultura, corpos d'água, solo exposto, mineração e área urbana.

Portanto, a abrangência da área deste estudo corresponde à totalidade da cobertura do solo do bioma Cerrado em GO e DF, formado por uma área de 346.003,638 km<sup>2</sup>, incluindo-se todos os limites de UC de “Proteção Integral” da região (22 UCs: 9 no DF e 13 em GO) e os limites de RLs com as situações “Averbada”, “Autorizada” e “em Análise para Averbção”. Com isso, nos tópicos seguintes desta seção serão descritos o contexto e as características da área de enfoque desse estudo.

## **2.1. Bioma Cerrado: breve contextualização**

Para classificar a distribuição e a composição dos aspectos naturais da superfície terrestre, as pesquisas sobre padrões de clima, de vegetação e de solo realizado no decorrer do tempo, como exemplo os estudos de Humbolt, Griesebach, Martius, Clements, Colinvaux, Ab'saber, Odum e Walter, dentre outros, levaram à atual configuração do conceito de bioma<sup>5</sup> (Coutinho, 2006; 2016; Ribeiro e Walter, 2008; Oliveira-Costa, 2012). Quanto ao território brasileiro, foram classificados seis biomas e um sistema costeiro-marinho, catalogados e mapeados a partir de um esforço contínuo que teve marco inicial com o projeto RADAM Brasil, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicado primeiramente em 2004 no “mapa de Biomas do Brasil” (IBGE, 2018), e depois atualizado<sup>6</sup>, em 2019, através do mapa “Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil” (MAPA, 2019a). Esse mapeamento realizado pelo IBGE é a principal referência de distribuição e limites dos biomas brasileiros, na qual, conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi realizado com base no “Manual técnico de vegetação do IBGE” (IBGE, 1992; 2012), tendo como principais referências conceituais os

---

<sup>5</sup>Segundo Coutinho (2006), alguns autores apontam que o termo bioma foi inicialmente proposto por Shelford e Clements (1949).

<sup>6</sup> Conforme IBGE (2019a), nessa atualização dos limites dos biomas brasileiros, as alterações foram referentes à adição do sistema costeiro-marinho, e o mapa foi feito em uma escala menor (1:250 000), ampliando-se a representação. No mais, foram mantidos os mesmos critérios e conceitos do mapeamento anterior realizado em 2004, com disjunções incorporadas ao bioma dominante e áreas de contato anexadas a um dos biomas confrontantes.

tipos de vegetação de Shimper (1903) e Shimper e Faber (1935), cujas formações dos vários fitogeógrafos foram influenciadas pelas escolas florísticas de Martius (1840/1906) e de Dansereau (1958), segundo apontado por Veloso (1982), principal pesquisador que contribuiu na elaboração desse manual (IBGE, 1992).

A atual delimitação dos biomas brasileiros ainda é questionada por alguns especialistas como Altair Barbosa (BARBOSA, ARAUJO, 2020) e Leopoldo Coutinho (Coutinho 2006, 2016), na qual aponta-se a incoerência no uso do termo “bioma” (Leopoldo Coutinho) ou sugere-se a adesão de uma nova classificação (Altair Barbosa). Contudo, este trabalho terá como referência a classificação e os limites dos biomas de IBGE (2019), uma vez que esses são dados oficiais dos biomas do Brasil e, portanto, a principal referência de limites espaciais para a elaboração de dados georreferenciados, que são os tipos de dados utilizados neste estudo. Ademais, neste trabalho será usado o termo “bioma” Cerrado, porém deixando aqui destacado esta possível necessidade de revisão conceitual e dos limites dos biomas brasileiros apontados pelos especialistas.

O bioma Cerrado<sup>7</sup> está localizado na região central do Brasil e possui uma grande extensão, sendo o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, com uma área de 2.039.386 km<sup>2</sup> que corresponde a 23,3% do território nacional (IBGE, 2019). Seu limite abrange o total do Distrito Federal e parcelas de dez estados: Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins (IBGE, 2019). Adicionalmente ao limite total do bioma, há extensões do Cerrado não incorporadas nesta medida, localizadas no Paraguai e na Bolívia (Sawyer *et al.*, 2017; Ribeiro, Walter, 2008), e também áreas disjuntas localizadas nos limites de outros biomas, na Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal (Ribeiro, Walter, 2008).

Ainda que o conceito de bioma usualmente mais aceito pela comunidade científica, corresponda a uma área com certa uniformidade (Coutinho, 2016), isto não ocorre no Cerrado pois há uma grande variedade de formações vegetacionais. Ribeiro e Walter (1998; 2008) categorizaram essa diversidade e classificaram em onze tipos principais de vegetação, que variam desde formações campestres, savânicas e florestais, sendo identificadas e denominadas

---

<sup>7</sup>Há algumas variações do emprego do termo “cerrado”. Para designar o bioma usa-se “Cerrado” (singular e inicial maiúscula), e normalmente o uso do termo “região dos cerrados” também faz referência ao bioma ou apenas às suas formações savânicas e campestres. Além disso, o termo “cerrado” (inicial minúscula) pode também estar associado a tipos de vegetação ou a adjetivos de características florísticas (RIBEIRO e WALTER, 1998)

em: campo rupestre, campo limpo e campo sujo (formação campestre); cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral e vereda (formação savânica); cerradão, mata ciliar, mata de galeria e mata seca (formação florestal). A classificação de Ribeiro e Walter (1998; 2008) é comumente utilizada na literatura e foi elaborada com a finalidade de padronizar a nomenclatura. Ela foi realizada a partir dos termos propostos por Ribeiro et al (1983), sendo baseada nos critérios de fisionomia (estrutura e forma de crescimento dominante), aspectos edáficos e composição florística, em conjunto à termos regionais (Ribeiro, Walter, 1998).

Entretanto, o fato de a maior parte da área do Cerrado corresponder a campos e savanas (66,18%) (IBGE, 2019) faz com que este bioma seja considerado um tipo de savana, fato este que é consenso dentre os principais autores internacionais (Coutinho, 2006). O restante do bioma é composto por áreas de contato (28,25%), seguido de formações florestais (2,4% floresta estacional semidecidual e 1,89% florestal estacional decidual) e em menor parcela, por superfície com água (0,68%) (IBGE, 2019).

Essa grande diversidade fitofisionômica contribui para a extensa biodiversidade presente no Cerrado (Barbosa, 2020; Ribeiro, Walter, 2008), e isto faz com que o bioma seja a savana mais biodiversa do planeta, na qual abriga grande parcela das espécies conhecidas e alta presença de endemismos (Fernandes et al, 2016). Está presente no bioma 251 espécies de mamíferos, mais da metade das aves conhecidas no Brasil, 36,9% do total das espécies vegetais conhecidas (listadas na Flora Brasil) e 46,4% dos peixes existentes do país (Fernandes et al, 2016). E são endêmicos no bioma: 34,9% das plantas; 37,8% dos répteis; 35,3% dos anfíbios; 12,7% dos mamíferos e 25% dos peixes (Sawyer, 2017). No campo rupestre a vegetação se apresenta como a mais rica em espécies e com maiores taxas de endemismo, em que algumas famílias de plantas podem atingir até 80% ou 90% de endemismo, como a Eriocaulaceae (conhecidas como sempre-vivas) (Fernandes et al, 2016).

Quanto ao histórico de ocupação humana no Cerrado, segundo Bertran (2011), Altair (2020) e Giustina (2013), conforme datações, a ocupação da região em que hoje ocorre o bioma se iniciou a partir de 11.000 anos antes do presente (A.P.) em uma área de aproximadamente 2000 km<sup>2</sup> do Planalto Central. Esses primeiros habitantes eram caçadores e coletadores e possuíam um complexo industrial denominado “Tradição Itaparica”. Entre os períodos 9000 e 2500 A.P. há um hiato de registros arqueológicos e, portanto, pouco se sabe sobre os habitantes dessa época. Contudo, após 2500 A.P. os habitantes eram ceramistas e agrícolas, identificados e classificados em quatro tradições distintas, sendo denominadas em: Una (2500 A.P.), Aratu/Sapucaí (séc. IX), Uru (900 A.P.) e Tupiguarani (600 A.P.).

A população estimada no bioma, com base no Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), é de cerca de 43 milhões de pessoas que vivem em áreas urbanas, e outras 12,5 milhões de pessoas residentes na zona rural (Sawyer, 2017). Dessa parcela da população inserida no campo, grande parte abrange uma diversidade de modos de vida e configura um patrimônio histórico e cultural do Brasil (Sawyer, 2017). Essas populações são categorizadas como comunidades tradicionais e alguns exemplos desses povos são: quilombolas, geraizeiros, vazanteiros, catingueiros, quebradeiras de coco babaçu, retireiros, fundo/fecho de pasto e sertanejos (Fernandes et al, 2016; Sawyer, 2017). Além disso, no bioma há também 216 povos indígenas com 83 diferentes etnias, sendo eles: os xavantes, tapuias, carajás, avá-canoeiros, crachôs, xerentes e xacribás (Fernandes et al, 2016). Alguns dos territórios dessas populações tradicionais estão demarcados em 95 terras indígenas e em 44 terras quilombolas<sup>8</sup> (Sawyer, 2017).

Além da importância intrínseca e intangível dessas populações do campo, esses habitantes são imprescindíveis para a conservação do Cerrado, uma vez que são responsáveis por resguardar o conhecimento em torno da diversidade biológica e agrícola (agrobiodiversidade) presentes no bioma (Sawyer, 2017), e efetivamente fomentar a proteção de áreas remanescentes de vegetação nativa (Cunha, Magalhães, Addams, 2021).

Quanto às características físicas do bioma, conforme IBGE (2019), seu relevo é formado predominantemente por planaltos, ocorrendo também depressões e planícies, com altitude podendo chegar até os 2000m. E seus solos são profundos, bem drenados, muitas vezes ácidos com alto teor de alumínio, sendo predominante o tipo latossolo. O clima no bioma é classificado como Aw de Köppen e é definido como tropical chuvoso, na qual há forte sazonalidade das estações seca e chuvosa e precipitação anual variando de 600mm e 2200mm.

Além dessas características, muitas vezes o Cerrado é popularmente denominado como “berço das águas”, por ser uma importante região de rede de drenagem hídrica, na qual abriga dez das doze grandes bacias hidrográficas do Brasil (como Tocantins-Araguaia, São Francisco, Paraná-Paraguai e Parnaíba). Essas bacias abastecem outros biomas como a Caatinga, o Pantanal e abastecem bacias em outros países, na Bolívia e no Paraguai (Fernandes et al, 2016), e com isso, fica evidente a importância que o bioma possui para a regulação hídrica. Além do

---

<sup>8</sup> Para as outras comunidades tradicionais não há dados oficiais de delimitação legal de seus territórios, há em vigência algumas iniciativas realizadas por instituições não-governamentais como exemplo o aplicativo “Tô no mapa” (IPAM, ISPN, Rede Cerrado, acesso em 02 de fevereiro 2020).

mais, o Cerrado também contribui para a regulação climática pelo estoque e sequestro de carbono, pois a maioria de suas espécies vegetais possui grande biomassa abaixo da superfície, armazenada em tubérculos e raízes que podem chegar a mais de 20 metros de profundidade. (Fernandes et al, 2016).

Quanto ao tempo de formação do bioma Cerrado, não há consenso do período exato que o bioma surgiu. Os autores Monteiro e Pinheiro (2010) apresentam que no período geológico Quaternário ocorreram mudanças climáticas que favoreceram o surgimento de savanas. Essa constatação foi feita conforme algumas evidências encontradas em sedimentos durante a glaciação do Quaternário, formada por fósseis de animais herbívoros e esporos de pólenes que apresentaram uma abundância de espécies herbáceas e uma baixa densidade de arbustos. Além destas evidências, há algumas teorias que buscam explicar os fatores que determinaram o surgimento do Cerrado, sendo elas agrupadas basicamente em três fatores-chave: o clima, o solo e o fogo (Monteiro e Pinheiro, 2010).

Com relação à configuração da paisagem do bioma Cerrado, pelo fato dele estar localizado no interior do Brasil, até meados do século 19 o bioma permaneceu isolado do restante das outras regiões, ainda que, no início do século 18, os colonizadores tenham sido atraídos para seu interior em busca de ouro (Fernandes et al, 2016). Mas o rompimento deste isolamento se iniciou na segunda metade do século 19, a partir do movimento conhecido como Marcha para o Oeste, durante o período de 1930 a 1945, movida inicialmente por programas governamentais, como a construção de rodovias (Fernandes et al, 2016; Haddad, Pastre, 2016).

Posteriormente, a partir da década de 60, a paisagem do Cerrado passou por significativas alterações<sup>9</sup> devido ao aumento de sua ocupação e pela expansão do agronegócio, sendo mudanças novamente fomentadas por iniciativas governamentais como a criação da Embrapa e dos planos nacionais como o PAEG e PNDs I e II (Fernandes et al, 2016; Haddad, Pastre, 2016). Essas alterações ocorreram devido à chegada de novos migrantes e aumento da demanda de novos produtos como a soja, mas foi durante as décadas de 70 e 80 que a região Centro-

---

<sup>9</sup> Essas mudanças começam a ocorrer quando foi alterado o cenário econômico internacional, no decorrer da década de 60, em que a desarticulação do arranjo de *Bretton Woods* levou à intensificação da financeirização econômica em que direcionou para a renovação de bases produtivas, provocando alterações nos padrões de comércio exterior, e com isso o Brasil passou a atender aos interesses de capitais privados internacionais (os grandes global players) (Haddad e Pastre, 2016).

Oeste do bioma passou a ter o crescimento populacional e produtivo maior desde então (Haddad, Pastre, 2016).

Após esse período, de 1985 a 2018, houve uma rapidez na perda e fragmentação de hábitat, desencadeado pelo avanço da fronteira agrícola que levou à conversão de 24% das áreas de vegetação nativa. Assim, atualmente mais da metade do bioma tem sido ocupada por atividades agropecuárias, em que 43% de sua área é voltada para o cultivo agrícola (sendo 27% referente à agricultura e 72% pastagem) e 42,4% vegetação nativa (Projeto Mapbiomas, 2020).

Conforme foi discorrido anteriormente, o bioma é responsável por importantes serviços ecossistêmicos e socioambientais, mas que ainda assim as ações voltadas para a conservação são escassas frente às ações voltadas para as alterações de sua cobertura vegetal. Uma vez que o avanço da fronteira agrícola permanece presente, ainda que devido às pequenas porcentagens de exigência de proteção da vegetação nativa do bioma previstas no código florestal (Klink, Machado, 2008). Porém, em outro turno apenas 8,5% do bioma são áreas protegidas em forma de unidades de conservação, abrangendo uma área total de 163.108 km<sup>2</sup>, sendo 53.962 km<sup>2</sup> de proteção integral e 109.146 km<sup>2</sup> de uso sustentável (MMA, 2020). De forma que ainda 20% das espécies nativas endêmicas não estão protegidas através de unidades de conservação, e 339 espécies de animais que ocorrem no bioma estão ameaçados de extinção (Sawyer, 2017).

Com isso, pode-se observar que o maior desafio presente no Cerrado é alcançar a conciliação dentre incremento da expansão agropecuária e o fortalecimento da conservação de áreas de vegetação nativa e dos povos residentes no campo. Apesar da importância da atividade agropecuária para o País, é evidente que o cenário existente hoje no bioma é de um desequilíbrio na relação de *ações de conservação x avanço da fronteira agrícola*, fato este frequentemente retratado com alertas e preocupação por especialistas (Fernandes et al, 2016).

## **2.2. Características gerais de Goiás e do Distrito Federal**

Dentre os estados que abrangem o bioma Cerrado, o estado de Goiás e o Distrito Federal possuem, respectivamente, sua totalidade e quase o total (97%) de seu território composto pelo bioma Cerrado. Esses estados estão localizados na região Centro-Oeste do Brasil e serão as unidades da federação do bioma Cerrado de enfoque deste estudo.

Conforme é discorrido no trabalho de Giustina (2013), o estado de Goiás (GO) apresenta um histórico de mudança no modelo de ocupação do território movida inicialmente pela

mineração, guiada pelos bandeirantes (como Anhanguera pai e filho) no período colonial, sendo posteriormente substituída pela predominância da atividade da pecuária no período imperial, que levou ao predomínio do chamado “coronelismo” no decorrer dos primeiros anos republicanos no estado. Após o início do século XX, o estado de GO foi marcado pela mudança de sua capital para a cidade de Goiânia, fundada em 1942, e nos anos seguintes, as atividades de projetos de colonização, da construção de Brasília, e da construção da rodovia Belém-Brasília, dentre outros fatores, levaram ao conseqüente crescimento econômico advindos desses empreendimentos.

Como é descrito em IMB (2021), nas últimas décadas GO passou por mudanças que levaram a um novo ciclo de desenvolvimento econômico devido principalmente pelo fortalecimento do setor industrial, conseqüente da instalação de empresas atraídas por incentivos fiscais, desde o fim da década de 1990. Nesse período o PIB goiano fez com que o estado entrasse para os 10 estados com maior PIB do Brasil. Após isto, a partir do ano de 2000, o estado passou por uma mudança estrutural na economia, levando ao adensamento das cadeias produtivas do agronegócio, e à ampliação nos segmentos industriais, como a fabricação e montagem de automóveis e à produção de medicamentos genéricos, além do incremento na produção mineral. Atualmente, o cenário goiano apresenta a tendência de uma economia mais baseada na indústria e no comércio, apesar de que nos últimos anos tenha sido aparentemente baseada no setor da agropecuária.

O território de Goiás tem uma área de 340.242,854 km<sup>2</sup>, é dividido em 246 municípios, sendo sua capital a cidade de Goiânia. É o estado mais populoso da região Centro-Oeste, com população estimada em 7.206.589 de habitantes, com a maior parte da população urbana, abrangendo 5.420.714 milhões de habitantes (IBGE, 2019b). Goiás é a 9ª economia brasileira, com PIB de R\$ 179 bilhões, na qual representa 2,9% do PIB nacional, sendo a maior parte do PIB goiano advindo do setor de serviços (65%), como comércio varejista, atacadista e imobiliário, seguido da indústria (24,5%), e por fim, a agropecuária (10,4%) (IMB, 2018).

Ainda que grande parte do PIB de GO não advenha da agropecuária, o setor é importante para o estado, participando de 14% do total da renda gerada, sendo 9% do PIB advindos apenas da agricultura, o que torna Goiás o 4º produtor nacional de grãos. As principais culturas produzidas são: soja, sorgo, milho, cana, feijão, tomate, algodão, totalizando uma produção em torno de 16,93 milhões de toneladas, que representa 9,05% do total da produção de grãos do País (IMB, 2021). Além disso, GO ocupa também o 4º lugar da produção nacional de leite e apresenta o 3º maior rebanho bovino do País, formado por 21,9 milhões de cabeças, e

corresponde à 10,2% do efetivo nacional. Goiás também é o 6º maior estado produtor de suinocultura e avicultura do País, com produção em torno de 5% do efetivo nacional de cada um destes setores (IMB, 2018; 2021).

Já com relação ao setor da indústria, as principais atividades industriais de GO são referentes a alimentos e bebidas, fabricação de álcool, automóveis, medicamentos, mineração (minerais não metálicos), produção química (fertilizantes e defensivos) e metalurgia (IMB, 2018; 2021). Além disso, as exportações de GO se concentram nas commodities minerais e agrícolas, e em menor escala de medicamentos genéricos. Os produtos mais exportados são soja, carne, milho, cobre e ferroligas. Já com relação às importações, Goiás importa principalmente itens para montadoras de veículos, máquinas agrícolas, insumos para indústrias farmacêuticas e fertilizantes. (IMB, 2018; 2021)

Quanto às características ambientais, o estado possui 97% de seu território composto pelo bioma Cerrado e 3% coberto pela Mata Atlântica (MMA, 2015). Sua rede de drenagem abrange rios de médio e grande porte, em que GO é o estado com maior número de províncias hidrogeológicas do Brasil cujos rios abastecem as regiões hidrográficas do Araguaia/Tocantins, São Francisco e Paraná (IMB, 2018).

As mudanças na paisagem do estado ocorreram principalmente devido à expansão e ao desenvolvimento das atividades agropecuárias ocorridas ao longo dos últimos 40 anos (Giustina, 2013; Fernandes et al, 2016; Haddad, Pastre, 2016). Com isso, recentemente a cobertura do solo de Goiás apresentou mais da metade de seu território voltada à agropecuária (63,15% da área, Projeto MapBiomias, 2020), enquanto as áreas com vegetação nativa (34,97% do solo, Projeto MapBiomias, 2020) apresentam alta fragmentação, com áreas de vegetação contínua apenas na região nordeste do estado. O restante da cobertura do solo do estado é referente a 1,04% com superfície com água e 0,84% de áreas não vegetadas, como área urbana, mineração e outras atividades (Projeto MapBiomias, 2020; IMB, 2021).

Conforme MMA (2020), a vegetação nativa remanescente presente no estado de Goiás está protegida em 120 unidades de conservação (UCs) e correspondem a uma área de 2.860.455 ha, cobrindo apenas 4,6% do território do estado. Dessas UCs, 17 (18,33%) são da categoria de Proteção Integral (20 Parques Nacionais, uma Estação Ecológica e um Refúgio da Vida Silvestre) e 103 (85,83%) de Uso Sustentável (61 Reservas Particular do Patrimônio Natural, 26 Áreas de Proteção Ambiental, cinco Áreas de Relevante Interesse Ecológico, quatro Florestas Nacionais e duas Reservas Extrativistas).

Além das UCs, os remanescentes de vegetação nativa do estado também estão presentes em propriedades privadas, como imóveis de grandes e pequenos agricultores. Segundo dados do Cadastro Ambiental Rural (SBF, MAPA, GIZ, 2020), em Goiás existem 176.957 imóveis rurais cadastrados (de produtores variando de 4 a acima de 15 módulos fiscais), com o total de uma área de 30.209.410,2 ha (área esta que excede a área passível de ser cadastrada). Destes imóveis, 4.838.320 ha (14% de GO) são áreas protegidas por meio de Reservas Legais (RL) e 1.607.578 ha (4,7% de GO) de Áreas de Preservação Permanente (APP), sendo que 78,1% do total das RLs e 61,2% de APP apresentam cobertura vegetal (SBF, MMA, 2016a). Além disso, estão também cadastrados no CAR, 1.147 imóveis de assentamentos, que cobrem 1.182.280,5 ha, e outros 74.942,5 ha de área pertencente aos Territórios Tradicionais (SBF, MAPA, GIZ, 2020).

Além de Goiás, a área do Distrito Federal (DF) também foi escolhida como recorte da área de estudo neste trabalho. O DF é a menor unidade da federação e não se enquadra na categoria de “estado” pois não possui divisão geográfica (e gestão política) de “municípios” sendo, portanto, classificado como “um ente da estrutura político-administrativo do Brasil, e caracterizado como ente especial que acumula competências legislativas reservadas aos estados e municípios” (Codeplan, 2020).

A demarcação do território do DF foi realizada com o objetivo de sediar a nova capital do Brasil, a cidade de Brasília, para que ocorresse a mudança da capital para o interior do País, anteriormente localizada no litoral, na cidade do Rio de Janeiro. De acordo com Bertran (2011), conforme é frequentemente visto na historiografia de Brasília, a ideia de transferir a capital do Brasil para o interior tem início anterior ao momento efetivo de sua mudança, ocorrida durante o governo de JK no ano de 1960. Os autores apontam que este planejamento de mudança da capital já havia ocorrido no século XVIII, tendo posterior respaldo constitucional desde o século XIX. Além disso, em IBGE (2010) também é apontado que essa ideia remonta ao período colonial tendo maior frequência durante o período imperial, e cita que a primeira ação concreta aconteceu já no início da República, em 1889, porém sem ocorrer nenhuma realização efetiva nos anos subsequentes.

O DF foi então delimitado em uma região quadrilátera no interior do estado de Goiás, e atualmente apresenta uma área de 5.760,784 km<sup>2</sup> dividida em 33 regiões administrativas

(RAs)<sup>10</sup> (Codeplan, 2020). Além das RAs, o DF possui integração socioeconômica com algumas cidades que circundam seu entorno, que são 12 municípios denominados como Áreas Metropolitanas do DF (AMB). A administração dessas áreas é realizada conjuntamente com o governo do DF, por meio do agrupamento desses municípios e também de outras cidades próximas ao DF, definidas como “Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno” (RIDE) (Codeplan, 2020). Além disso, o planejamento territorial da região do DF é instituído por meio dos instrumentos: Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE-DF), lei distrital nº 6269/2019, e o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT-DF), lei Complementar nº 803/2009 e nº 854/2012.

Quanto a população, o DF possui mais de 97% da população urbana, com 2.482.210 habitantes e 87.950 habitantes rurais, tendo densidade demográfica de 444,66 habitantes/km<sup>2</sup>, sendo Brasília a 4ª cidade mais populosa do Brasil (Codeplan, 2020; IBGE, 2019b). Em termos econômicos, o DF contribui com 3,7% do PIB Nacional, possuindo o 8º maior PIB e maior PIB per capita do país, sendo o setor de serviços com maior participação no PIB (Codeplan, 2020). No entanto, não há uma distribuição de renda dentre as RAs do DF, o que leva à uma grande desigualdade social presente no distrito (Codeplan, 2020).

O território do DF está situado no Planalto Central, e tem como limites naturais os rios Preto (a leste) e Descoberto (a Oeste). Possui relevos classificados como plano, suave ondulado, inclinados e dissecados, e altitudes que variam entre 750m e 1350m, tendo predominância de declividade plana e suave ondulada. Apresenta presença de solos dos tipos Latossolo e Cambissolo e possui clima tropical com períodos mais quentes (até 30°C) entre setembro e outubro e períodos mais frios (até 13°C) entre junho e julho. A precipitação é concentrada no verão com marcante sazonalidade, em que 90% ocorrem de setembro/outubro a março/abril e os períodos de seca e longa estiagem de abril/maio a setembro (Codeplan, 2020).

As proporções de cobertura vegetal ocupadas pela agropecuária (45,14%) e por vegetação nativa (41,92%) são similares na paisagem do DF, visto que, segundo informações contidas no CAR, quase a totalidade da área rural do DF é referente às propriedades rurais. O restante da

---

<sup>10</sup> O DF é dividido em RAs por meio da lei federal nº 4545/1964, e posteriormente atualizadas as delimitações das RAs através da lei complementar nº 958/2020. As RAs são uma categoria distinta à categoria de *municípios*, e foram criadas com o objetivo de facilitar a administração dessas áreas. Cada RA é gerida por administrações regionais, cujos administradores são indicados pelo governador eleito (CODEPLAN, 2020).

porção do território do DF é referente à 11,8% de área urbana e outros serviços como mineração, e em menor escala, com 1,07% de superfície com água (Projeto Mapbiomas, 2020).

Além disto, no DF há 35 Unidades de Conservação<sup>11</sup> (UCs) totalizando uma área de 792.002 ha, dessas, 11 são UCs de Proteção Integral (61.025 ha): dois Parques Nacionais; cinco Reserva Biológica; um Monumento Natural; dois Estação Ecológica e um Refúgio da Vida Silvestre; e 24 são UCs de Uso Sustentável (730.977 ha): cinco Reservas Particular do Patrimônio Natural; seis Áreas de Proteção Ambiental; 12 Áreas de Relevante Interesse Ecológico e uma Floresta Nacional (MMA, 2020). Além dessas áreas, no DF há também a Reserva da Biosfera do Cerrado (RBC-DF), composta por cinco UCs (Codeplan, 2020).

Há também outras áreas protegidas no DF, delimitadas em 97.935 ha de RL e 43.242 ha de APP, localizadas em 13.299 imóveis com um total de 712.320,80 ha de área declaradas no CAR (SBF, MAPA, GIZ, 2020). Além disso, há outros 72 parques urbanos e três áreas de proteção especial, que são de categorias não contempladas no SNUC, usadas para contemplação e lazer (Codeplan, 2020).

Portanto, tendo em vista o contexto ambiental, social e econômico de GO e DF, que serão as duas Unidades da Federação inseridas no bioma Cerrado de enfoque deste trabalho, será realizado em seguida o mapeamento com a finalidade de analisar a possibilidade de formação de corredores ecológicos nesta região, este processo será discorrido nos tópicos seguintes.

---

<sup>11</sup> As Unidades de Conservação do DF não são todas áreas voltadas efetivamente para a conservação de habitats, pois algumas áreas, como os parques urbanos, são voltadas para atividades recreativas e outros usos.

### 3. MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto, de analisar a contribuição das áreas de Reserva Legal ao compor corredores ecológicos, foi utilizado o método de mapeamento de rotas. Para isto, primeiro foi definido a área de estudo como sendo o bioma Cerrado localizado nas regiões de GO e DF, para em seguida realizar um mapa de corredores. Na realização do mapeamento, foi analisado o uso e cobertura do solo da área de recorte, e as áreas protegidas de Unidades de Conservação (UC) e Reservas Legais (RL) do local.

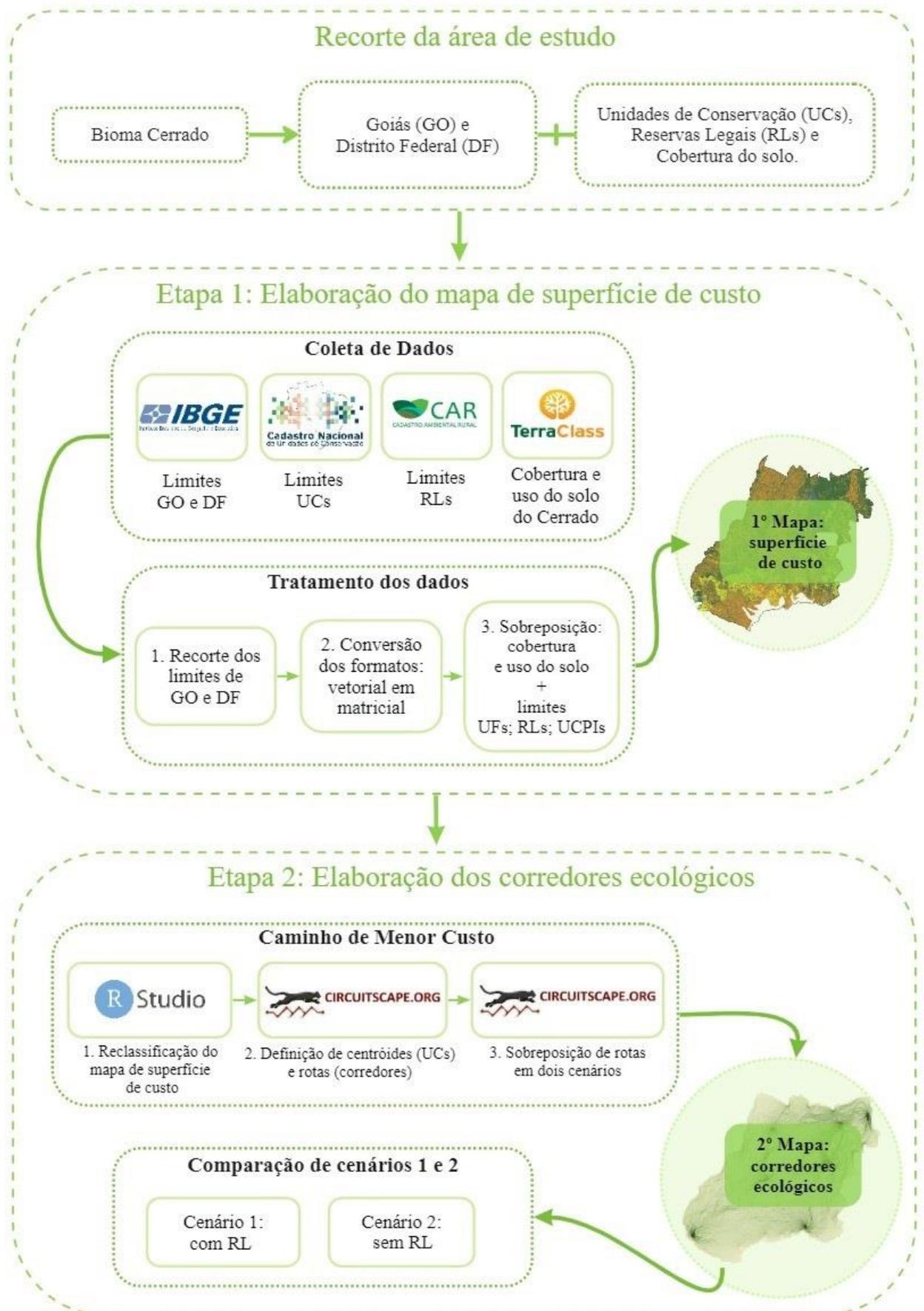
O mapeamento foi realizado a partir da compilação e organização dos dados secundários de: uso e cobertura do solo; limites de RL; limites de UCs; e limites de GO e do DF. Em seguida, o tratamento desses dados foi feito em duas principais etapas: primeiro foi criado o mapa de “superfície de custo” e em seguida o mapa apenas de corredores, este último sendo feito em dois diferentes cenários que por fim foram comparados. A escolha de realizar dois cenários de rotas foi feita para verificar qual configuração as áreas de RL apresentam ao formarem corredores quando se considera sua ausência ou presença. Para isso, foi definido um cenário com rota composta por áreas de RL (cenário 1), e em outro desconsiderou-se a delimitação das áreas de RL (cenário 2) onde as rotas foram executadas para servirem de pontos de referência. Portanto, em resumo, as etapas do mapeamento foram as seguintes:

- a) Elaboração do mapa de “superfície de custo”: Composto pelas informações referentes à cobertura do solo da área, às delimitações de RL e de UC e os limites de GO e DF, todos os dados obtidos de fontes secundárias;
- b) Elaboração do mapa apenas de corredores: mapa feito com base no método de “caminho de menor custo”, em que foram gerados corredores sobrepostos ao mapa de “superfície de custo” em dois cenários distintos: em um considerou-se a presença das delimitações de RLs (rotas com RL) e em outro, sua ausência (rotas sem RL).

O primeiro mapa elaborado, o mapa de “superfície de custo”, foi um mapa feito através da compilação de dados secundários apenas para subsidiar a elaboração do mapa de corredores ecológicos. A sequência das etapas do mapeamento realizado neste trabalho está ilustrada<sup>12</sup> na Figura 1, e está descrita detalhadamente nos tópicos seguintes desta seção.

---

<sup>12</sup> Imagens dos logotipos no diagrama retiradas dos sites oficiais das instituições. E as imagens dos mapas foram retiradas de: TerraClass Cerrado, 2015 (1º mapa) e autora, 2020 (2º mapa).



**Figura 1 – Diagrama demonstrativo das etapas dos métodos utilizados neste estudo.**

### **3.1. Elaboração do mapa de “superfície de custo”**

Após a definição da área do estudo, iniciou-se a elaboração da primeira etapa do mapeamento deste trabalho: a elaboração do mapa de “superfície de custo”. Este mapeamento consiste na compilação de todas as informações ambientais presentes na área de recorte, necessárias para embasar e viabilizar a posterior elaboração do mapa de corredores ecológicos. Essas informações são os dados referentes à paisagem do bioma Cerrado localizado em GO e no DF, e são compostas pelos seguintes dados: uso e cobertura do solo; limites de Unidades de Conservação da categoria de “Proteção Integral”; e os limites de Reservas Legais classificadas como “RL Averbada”, “RL Autorizada” e “RL em Análise para Averbção”.

Esses dados foram obtidos a partir de fontes secundárias, advindos de uma publicação e plataformas de banco de dados do governo federal, o TerraClass Cerrado (2015), o Cadastro Nacional de Conservação (CNUC) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Essas fontes foram escolhidas por serem plataformas oficiais do governo, visto que os aspectos analisados da área de enfoque são regulamentados por políticas públicas. Desta forma, nesse tópico serão discorridos os detalhes de todas as fontes e dados utilizados, além de todo processo de seleção desenvolvido nesta etapa do mapeamento.

#### **3.1.1. Definição, coleta e seleção dos dados utilizados**

Os dados utilizados nesta etapa são dados geográficos, na qual são dados referentes a uma área localizada na superfície terrestre, sendo também classificados como georreferenciados por serem representados através de uma projeção cartográfica (INPE, 2001). Foram obtidos de distintas bases de dados com respectivas formas de processamentos, adquiridos a partir de arquivos shapefile<sup>13</sup> e acessados em dezembro de 2020, sendo, portanto:

- a) Limites do estado de Goiás (GO) e do Distrito Federal (DF): adquiridos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019a).

---

<sup>13</sup> shapefile é um formato de armazenamento de dados georreferenciados.

b) Cobertura do solo do bioma Cerrado: proveniente da publicação Projeto TerraClass Cerrado<sup>14</sup> (MMA, 2015).

c) Limites das Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPIs): coletados no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2020).

d) Limites das Reservas Legais (RL) Averbada, Autorizada e em Análise para Averbação: decorrentes do Cadastro Ambiental Rural (SiCAR, 2020).

Os limites de Goiás e do Distrito Federal, são dados georreferenciados com representação vetorial na escala 1:250 000 e foram obtidos na seção “malha territorial” do ano de 2019, no site do IBGE. Esses limites são representações das divisões político-administrativas das unidades da federação, elaborados através das pesquisas do IBGE e dos Censos Demográficos (IBGE, 2019a)<sup>15</sup>.

Os dados de cobertura do solo do Cerrado foram obtidos na publicação “Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado” (MMA, 2015), este mapeamento foi elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) com apoio técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Universidade Federal de Goiás (UFG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O TerraClass Cerrado é um trabalho realizado com o objetivo de mapear e identificar áreas naturais e antrópicas localizadas em toda a extensão do bioma Cerrado (MMA, 2015), sendo delimitadas e classificadas os distintos usos do solo da área, tendo como referência o limite do bioma de IBGE (2004), realizando-se um mapeamento feito com base em imagens de satélite, que foram processadas, convertidas, editadas e interpretadas.

Os dados do TerraClass Cerrado utilizados neste estudo são dados geográficos, provenientes de imagens (121 cenas) do satélite Landsat 8, obtidas no formato vetorial de

---

<sup>14</sup> Não foi utilizado a plataforma MapBiomias como fonte de dados de uso e cobertura do solo pois o mapeamento deste estudo foi elaborado no ano de 2020 e neste período a fonte destes dados do governo federal era o TerraClass Cerrado.

<sup>15</sup> Os atuais limites dos estados foram estabelecidos no decorrer do processo histórico de ocupação do território nacional (IBGE, 2018; 2012;1992), em que essa configuração não foi determinada por uma base metodológica, sendo consequência do processo de mudança das províncias do Império em estados membros da república. Atualmente, a Constituição Federal do Brasil de 1988 é o mecanismo legal que regulamentou a atual configuração geopolítica brasileira, consolidando a divisão do território por meio de estados, municípios, distritos, dentre outros (IBGE, 2010). E a partir dessa base legal, o IBGE realiza periodicamente, por meio dos Censos, a revisão e atualização dos limites do território nacional

arquivos *shapefile*. As imagens foram feitas durante a estação seca, no período de maio a outubro do ano de 2013, em uma escala de 1:250.000. O TerraClass Cerrado apresenta dados sobre informações do uso e cobertura do solo do bioma Cerrado, e para cada cobertura de solo diferente foram estabelecidas classes temáticas, categorizadas em macro-classes e classes, como pode ser observado no Quadro 1 abaixo.

**Quadro 1 – Classes temáticas da cobertura do solo do Cerrado definidas no TerraClass**

Macro-Classes	Classes	
Área antrópica	Agricultura anual	
	Agricultura perene	
	Área urbana	
	Mineração	
	Mosaico de ocupação	
	Pastagem plantada	
	Silvicultura	
	Solo exposto	
	Outros	
Área natural	Vegetação natural	Florestal
		Não florestal
	Área natural não vegetada	
Corpos d'água	-	
Área não observada	-	

Fonte: Elaborado pela autora (2020), adaptação da tabela 3 de MMA (2015).

Além da cobertura e uso do solo, foram utilizados os dados de Reservas Legais (RLs) e de Unidades de Conservação (UCs) localizadas em GO e no DF. Ressaltando que as áreas de RL foram escolhidas para avaliar se sua configuração contribui para a formação de corredores ecológicos, já as áreas de UC foram escolhidas para formarem os pontos de partida e chegada desses corredores.

Desta forma, um dos motivos da escolha dessas áreas protegidas se deu por serem regiões que apresentam remanescentes de vegetação nativa cuja proteção é regulamentada por meio de um mecanismo legal, tendo, portanto, um resguardo para sua proteção. Além disso, a escolha ocorreu devido à forma como essas áreas são delimitadas, já que no caso das RLs, conforme descrito no Art. 12 e Art. 14 da Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), não há a exigência de um ordenamento das áreas do ponto de vista da paisagem, e assim muitas vezes, essas áreas podem ser localizadas de forma arbitrária ou em regiões que não são propícias à agricultura. Desta forma, buscou-se neste trabalho ressaltar a importância da delimitação destas áreas e a possibilidade de aliar a obrigatoriedade legal ao fomento à conservação, ainda que essa análise esteja permeada a uma rede complexa de fatores.

Por conseguinte, os dados de RL foram obtidos a partir do Cadastro Ambiental Rural (CAR)<sup>16</sup> através da base de downloads do portal eletrônico do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR, 2020), acessados no ano de 2019, e são dados geográficos no formato vetorial, obtidos por meio de arquivos shapefile. Inicialmente foram coletados todos os limites de RLs de GO e do DF que estavam cadastrados no CAR até o período de acesso, mas posteriormente esses dados foram filtrados.

Os dados cadastrados no CAR são referentes à localização e ao limite da propriedade e às áreas de: RL, APP, Áreas de Uso Restrito (AUR), áreas consolidadas, dentre outras. Conforme SBF (2018), no CAR estão cadastradas e declaradas a totalidade das áreas passíveis de cadastro tanto da região de GO quanto do DF, ou seja, todas as áreas passíveis de cadastro destas UFs já estão declaradas<sup>17</sup>. Dentre as áreas declaradas, há o total de 166.082 imóveis em GO, e o total de 13.299 imóveis no DF (SBF, MAPA, GIZ, 2020).

As áreas de RL cadastradas no CAR estão classificadas de acordo com a situação da demarcação da RL na propriedade, são elas: Reserva Legal Proposta, Reserva Legal Averbada, Reserva Legal Aprovada e Não Averbada e Reserva Legal Vinculada à Compensação de Outro Imóvel (SBF, MMA, 2016b). Desse total, neste trabalho foram selecionadas apenas os dados

---

<sup>16</sup> O CAR é instituído pelo chamado Código Florestal e é uma base de dados que contém as informações ambientais acerca dos imóveis rurais do Brasil e objetiva promover a regularização dos imóveis rurais (BRASIL, 2012). Os dados do CAR são registrados e geridos no portal do SiCAR, coordenado pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB/MAPA) e em âmbito municipal e estadual por meio das secretarias de meio ambiente (BRASIL, 2012; SBF, MMA, 2016b; SBF, MAPA, GIZ, 2020).

<sup>17</sup> As áreas passíveis de cadastro do CAR são estimadas com base no Censo Agropecuário do IBGE, conforme SBF, MMA (2016a). Entretanto, a área declarada no CAR do Estado de GO e do DF são superiores à área passível de cadastro (SBF, 2018), supondo-se com isso, que ocorra possíveis sobreposições ou erros de delimitações.

de RL classificadas como “RL Averbada”, “RL Autorizada”, “RL em Análise para Averbção. Essa seleção foi feita pois as classificações escolhidas representam que a área da RL foi aprovada pelo órgão gestor competente, e, portanto, a delimitação de RL da propriedade possui limites estabelecidos. O restante das situações das RLs cadastradas no CAR é referente às RLs cujos limites ainda não foram definidos ou estão em processo de definição e/ou avaliação ou podem ter passivos e estar em processo de regularização ambiental (BRASIL, 2012; SBF, MMA, 2016b).

Por fim, o último dado coletado foram os limites de Unidades de Conservação (UCs) obtidos no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC)<sup>18</sup>, esses limites também são dados georreferenciados, no formato vetorial adquiridos em arquivos shapefile e tendo o South American Datum 1969 (SAD69) como sistema referencial (MMA, 2022).

Os limites das UCs foram obtidos na plataforma do CNUC em “dados geoespaciais”, através também de arquivos shapefile e possuem coordenadas geográficas Datum SIRGAS2000 (MMA, 2022). Do total de UCs cadastradas no CNUC foram selecionadas apenas os limites de UCs da categoria de Proteção Integral, das esferas administrativas: municipal, estadual e federal. Foi escolhida essa categoria devido às evidências científicas que demonstram que UCPIs apresentam maior efetividade na manutenção de remanescentes de vegetação nativa (CARRANZA *et al.*, 2014), e tendo em vista a análise de formação de corredores buscada neste trabalho, faz-se necessário a escolha de áreas que promovem a ocorrência desses remanescentes.

Além disso, ressalta-se que foram utilizadas apenas as UCPI que possuíam seus limites disponíveis no CNUC até a data da coleta, o ano de 2020, portanto não foi considerada a totalidade de Unidades de Conservação existentes em GO e DF, e, além disso, pode haver UCs que não possuem seus limites cadastrados no CNUC, uma vez que a disponibilidade dos limites depende do desempenho do processo de cadastramento, atualização e validação dos dados (MMA, 2022). Assim, para a geração do mapa de “superfície de custo” foram selecionadas o total de 22 UCPIs, 13 em GO e nove no DF, descritas no Quadro 2 abaixo.

---

<sup>18</sup> O CNUC é um banco de dados do governo federal, instituído pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), e é administrado pelo MMA e por órgãos gestores federais, estaduais e municipais competentes. O portal abrange as informações relacionadas ao SNUC, e, portanto, contém os dados referente às UCs brasileiras, como dados de localização, caracterização da área, informações sobre a gestão, presença de plano de manejo, dentre outras características (BRASIL, 2000; MMA, 2022).

**Quadro 2 – Unidades de Conservação de Proteção Integral no DF e em GO coletadas.**

GO	DF
Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco	Estação Ecológica de Águas Emendadas
Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	Estação Ecológica do Jardim Botânico
Parque Estadual da Serra Dourada	Monumento Natural do Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira
Parque Estadual de Paraúna	Parque Nacional de Brasília
Parque Estadual de Terra Ronca	Reserva Biológica da Contagem
Parque Estadual do Araguaia	Reserva Biológica do Cerradão
Parque Estadual do Descoberto?	Reserva Biológica do Gama
Parque Estadual dos Pirineus	Reserva Biológica do Guará
Parque Nacional da Chapada Dos Veadeiros	Reserva Biológica do Rio Descoberto
Parque Nacional das Emas	
Refúgio da Vida Silvestre do Meia Ponte	
Parque Estadual Serra de Jaraguá	
Refúgio da Vida Silvestre Serra da Bocaina	

Desta forma, foi finalizada a coleta dos dados secundários e posteriormente foi iniciado seu tratamento para a execução do mapa de “superfície de custo”. Alguns dos dados coletados foram utilizados sem modificações e outros passaram por processamento e conversão, conforme será explicado posteriormente.

### 3.1.2. Tratamento dos dados do mapa de “superfície de custo”

O tratamento dos dados foi todo realizado com o uso do programa “R” (R Core Team, 2011) em associação ao programa *R studio* (RStudio, 02 fev, 2020). O R é basicamente um programa que integra inúmeros recursos estatísticos com a finalidade da análise de dados, cálculos e elaboração de gráficos (R Core Team, 2020). O R foi desenvolvido inicialmente por Robert Gentleman e por Ross Ihaka, mas desde 1997 é elaborado em colaboração com outros membros do R Core Team, através da organização sem fins lucrativos R Foundation (R Core Team, 2020). O R também integra oficialmente o Projeto GNU, patrocinado pela organização sem fins lucrativos Free Software Foundation (FSF), sendo, portanto, um programa livre, podendo ser baixado e distribuído gratuitamente de acordo com a licença pública GNU (Landeiro, 2011; R Core Team, 2020).

Neste trabalho, o programa R foi executado através do R Studio, desenvolvido pela companhia de mesmo nome. O R Studio possibilita uma opção alternativa de interface para

executar o programa R, podendo ser utilizado tanto em um desktop quanto em um navegador (RStudio, 02 fev, 2020). A escolha de utilizar o programa R através da ferramenta do R Studio ocorreu devido à sua configuração de centralizar pacotes, a facilidade de sua interface gráfica e sua agilidade de processamento.

Isto posto, o tratamento dos dados foi iniciado primeiramente definindo-se uma área de trabalho, para determinar o local do computador que serão armazenados os resultados obtidos no R Studio. Em seguida, foi feita a seleção e ativação dos pacotes no R Studio. Para o uso de pacotes no R, primeiro foi feito o download, do site do R, de todos os pacotes que seriam utilizados nesse trabalho, sendo eles: “raster”, “sf” e “tmap”. Após isto, foi iniciado o programa R no R Studio e os arquivos dos pacotes foram primeiramente selecionados e carregados.

Após o carregamento dos pacotes, foi iniciado o tratamento dos dados de limites das UFs. O dado obtido de limite das UFs continha as delimitações de todas as UCs do Brasil, dessa forma, foi realizada a filtragem apenas das delimitações de GO e do DF. Essa filtragem foi feita primeiro importando os dados das UFs com o comando “plot” e selecionando posteriormente apenas GO e DF com o uso do comando “subset”.

Selecionados apenas os limites de GO e DF, foi então carregado o dado de uso e cobertura do solo no Cerrado. Esse dado foi utilizado sem alterações, pois abrangia a cobertura do solo localizada apenas no estado de GO e no DF, conforme estava disponível na base do TerraClass Cerrado<sup>19</sup>. Dessa forma, foram então carregados com o comando “st\_read” tanto os limites de GO e DF, quanto a cobertura e uso do solo, e ambos foram em seguida convertidos para o formato matricial com o comando “rasterize”. Destacando-se que essa sobreposição foi possível pois todos os dados apresentavam o mesmo formato inicial (vetorial). Após isso, foi feita a alteração da resolução espacial dessa sobreposição, para o fator 2, com o uso do comando “aggregate” para reduzir a resolução espacial e, conseqüentemente, o tempo de processamento dos mapas.

Em seguida foi realizada a sobreposição do restante dos dados dos limites de RLs e dos limites de UCPIs. Primeiro foram carregados os limites das UCPIs com o comando “plot”, realizando novamente a sobreposição com o restante dos dados, com o comando “raster”. Porém, estes dados de UCPIs obtidos do CNUC estavam disponíveis abrangendo todas as

---

<sup>19</sup> O TerraClass Cerrado disponibiliza os dados de uso e cobertura do Cerrado com a distribuição por bioma e também por cada UF separadamente.

UCPIs do Brasil<sup>20</sup>. Dessa forma, os limites de UCPIs dos outros estados foram eliminados primeiro alterando-se as classes dos estados usando-se o comando “rcl”. Em seguida foram adicionados os dados dos limites de RL divididos por municípios, em que as RLs de GO e as RLs do DF estavam dispostas separadamente na base do CAR, sendo carregadas cada uma com o comando “plot” e em seguida unindo-as em uma única camada, com o comando “rbind”.

Com isso, foi finalizado o mapa de “superfície de custo”, que continha os limites de RLs, UCPIs e os dados de cobertura e uso do solo, localizadas em GO e no DF. O mapa de “superfície de custo” foi elaborado para embasar o processamento do mapa apenas de corredores, realizado após essa etapa, e será descrito no tópico seguinte.

### **3.2. Elaboração dos Corredores Ecológicos**

A segunda etapa do mapeamento é a elaboração do mapa de Corredores Ecológicos. Conforme foi descrito previamente, os corredores foram realizados com a finalidade de avaliar o potencial de conectividade das áreas de RLs em GO e no DF. Por esse motivo, foi escolhido executar os corredores com base no método de “caminho de menor custo” (CMC), na qual demandava a realização do mapa de “superfície de custo”, descrito no tópico anterior.

A elaboração do mapa de corredores foi realizada através da execução de rotas sobrepostas à camada do mapa de “superfície de custo”, apresentando como resultado um mapa apenas com rotas traçadas. Para isso, primeiro foi realizada a reclassificação do mapa de “superfície de custo”, depois a conversão do formato vetorial para o matricial, e por último o processamento em si das rotas dos corredores. Para o processamento das rotas, foi definido as UCs como sendo áreas origem/destino de dispersão de organismos, e as RLs como regiões para compor e formar os caminhos/rotas para conectar as UCs. Além disso, as rotas foram realizadas em dois cenários distintos: em um considerou-se a presença das RLs (cenário com RL) e noutro a ausência das RLs (cenário sem RL).

Portanto, nos tópicos desta seção, serão detalhados os processos e as ferramentas utilizadas nessa etapa, em que a sequência desse processo pode ser listada da seguinte forma:

---

<sup>20</sup> No CNUC os dados relacionados às UCs estão disponíveis agrupando todas as UCs existentes no Brasil cadastradas no portal, de forma que os dados estão divididos em grupos conforme sua esfera administrativa (federal, estadual e municipal) juntamente com sua categoria de proteção (uso sustentável ou proteção integral).

1. Escolha do método de CMC;
2. Reclassificação e conversão do mapa de “superfície de custo”;
3. Definição dos pontos de centroides (origem/destino) e execução dos corredores;
4. Sobreposição das rotas de corredores em cada um dos dois cenários.

### **3.2.1. Método de “caminho de menor custo”**

Neste trabalho, escolheu-se o “caminho de menor custo” (CMC) pois este método proporciona uma análise da complexidade dos diferentes elementos presentes na paisagem (permite diferenciar a travessia dentre uma área de pasto comparada a uma área agrícola, por exemplo), além de possibilitar uma abrangência de escala mais ampla, tornando possível, assim, análises de paisagens (Adriaensen *et al.*, 2003).

O CMC é um método que se tornou popular na ecologia de paisagens para medir conectividade, e sua execução é baseada na dificuldade que determinado organismo tem ao atravessar certa paisagem, sendo que esta dificuldade é medida através de três aspectos do trajeto: o custo, a distância e a sinuosidade. O trajeto é calculado levando-se em conta a resistência ou impenetrabilidade da superfície (e/ou paisagem), em que, quanto mais elevada é a somatória dos três aspectos, maior a dificuldade ou impedimento do movimento de determinado organismo. (Etherington, Holland, 2013).

O cálculo do CMC funciona da seguinte forma: há um mapa de “superfície de custo” representado no formato matricial (modelo raster), na qual é composto por um conjunto de células organizadas em linhas e colunas em que cada uma dessas células possui um valor numérico, representando a permeabilidade da superfície; em seguida, define-se um caminho/rota a ser processado em uma distância entre dois pontos, definidos como pontos de origem/destino (centroides); então os valores destas células são somados, levando em conta também a distância e a sinuosidade do percurso; e por fim, o resultado deste processamento é o “caminho de menor custo” (CMC) (Parks, McKelvey, Schwartz, 2012; Etherington, Holland, 2013; Adriaensen *et al.*, 2003) .

Neste trabalho, o mapa contendo os valores de permeabilidade (movimentação) corresponde ao mapa de “superfície de custo” previamente elaborado, e as classes das categorias de uso e cobertura do solo juntamente das áreas de RL e as áreas de UCPIs, são as informações que posteriormente vão estar contidas nas células, após este mapa ser convertido

no formato matricial. Além dessa conversão, os atributos numéricos contidos neste mapa serão reclassificados, para que sejam atribuídos valores que representem as distintas permeabilidades que cada classe apresenta. Por fim, foram definidas as rotas a serem processadas, sendo compostas por áreas de RL, e seus pontos de origem/destino, sendo as áreas de UCPIs.

Portanto, toda a elaboração das duas etapas do mapeamento deste trabalho foi realizada com base no método do CMC, uma vez que a elaboração do mapa de “superfície de custo” visou subsidiar essa etapa de elaboração do mapa apenas de corredores. O uso do método do CMC permitiu avaliar não apenas o critério da distância que um corredor pode ser traçado, mas também outras características da paisagem que são fundamentais para avaliar se o percurso promoverá a mobilidade dos organismos. Conforme Adriaensen *et al.* (2003), muitas vezes a diversidade dos componentes da paisagem/superfície não são consideradas no cálculo de corredores pois a capacidade de calcular esses aspectos pode ser complexa, entretanto, o método do CMC pode preencher essa lacuna.

### **3.2.2. Reclassificação e conversão do mapa de “superfície de custo”**

O primeiro passo realizado na elaboração dos corredores ecológicos foi converter o formato do mapa de “superfície de custo”. Essa conversão foi feita para adequar a representação do mapa e tornar possível a elaboração dos mapas de corredores. No campo do estudo e do processamento de dados geoespaciais, os aspectos presentes no espaço físico podem ser representados, na produção de mapas, em duas principais classes de representações geométricas/geográficas: a representação matricial e a representação vetorial (INPE, 2001).

No modelo matricial o espaço físico é representado através de uma matriz (malha quadriculada), composta por linhas e colunas que juntas formam uma rede de inúmeras células. O conjunto dessas células irão compor o espaço/território a ser representado em que cada célula possui um valor atribuído e uma numeração, referente a linha e a coluna (INPE, 2001). Já no modelo vetorial, a representação é feita a partir de três elementos gráficos básicos: pontos, linhas e áreas/polígonos, compostos por pares de coordenadas espaciais (INPE, 2001). A escolha dentre esses dois modelos vai depender do objetivo do mapa a ser elaborado. O modelo vetorial permite uma representação visual didática e uma aparência mais fiel à realidade, já o modelo matricial permite um maior detalhamento da composição dos distintos elementos presentes no espaço representado, além de atribuir valor numérico a esses elementos (INPE, 2001).

Para ser viável o processamento do método CMC no mapa de corredores, foi necessário que o mapa de “superfície de custo” apresentasse representação no formato matricial. Isto porque o modelo matricial permite dar atributo numérico para pequenos detalhes da área representada (através das células), e esse atributo torna possível a aplicação do método CMC em que é analisado não apenas diferenças visuais do espaço/território, mas também outras características referentes à composição do espaço representado, além da sua aparência.

No entanto, conforme está descrito na etapa da elaboração do mapa de “superfície de custo”, os dados coletados para sua composição estavam representados no formato vetorial, e, devido a isso, a sobreposição desses dados resultou no mapa de “superfície de custo” também representado no formato vetorial. Desta forma, foi feita a conversão para o formato matricial, realizada no programa R Studio, com o uso do pacote “raster” e o comando “rasterize” e, com isso, o mapa de “superfície de custo” passou a ser representado no formato matricial.

Após a conversão, foi necessário realizar uma segunda e última alteração nos dados do mapa de “superfície de custo”. Conforme já foi explicado anteriormente, o mapa representado no formato matricial é composto por células e cada uma das células possuem um valor numérico atribuído, além de uma numeração de linha e de coluna. No caso do mapa de “superfície de custo” desse trabalho, os valores numéricos das células correspondiam aos valores originais que cada dado apresentava quando foi coletado. Desta forma, foi feita a reclassificação desses valores, para que cada numeração, correspondente à cobertura do solo, fosse relacionada à dificuldade ou facilidade do percurso, pois o valor original das células não possuía esta finalidade.

De todos os dados existentes no mapa de “superfície de custo”, os valores reclassificados foram os dados das classes de uso e cobertura do solo, sendo as classes, da macro-classe área antrópica: agricultura anual, agricultura perene, área urbana, mineração, mosaico de ocupação, pastagem plantada, silvicultura, solo exposto e outros; as classes, da macro-classe área natural: vegetação natural florestal, vegetação natural não florestal e área natural não vegetada; a macro-classe corpo d’água; e, a macro-classe área não observada. Os dados das áreas de RL, na qual foram as RLs “averbada”, “autorizada” e “em análise para averbação”.

Os dados correspondentes aos limites de UCPIs também foram reclassificados, onde seus valores atribuídos sinalizavam que estas regiões são referentes aos centroides (*focal node*), que são os pontos de origem/destino das travessias/trajetos. Para o restante dos dados reclassificados, o critério de mudança nas classes foi feito com base na tendência de

deslocamento da fauna, onde valores mais elevados correspondiam a dificuldade de movimentação no percurso, e valores mais baixos são referentes à facilidade no deslocamento, tendo em vista a presente cobertura do solo.

Assim, a reclassificação dos valores numéricos também foi realizada através do R Studio, com o uso do comando “rcl” e o comando “reclassify”. Os novos valores atribuídos foram escolhidos com base nas características da composição das distintas superfícies do solo, tendo em vista sua permeabilidade, conforme foi explicado previamente. Esses valores foram definidos arbitrariamente, de forma que, valores mais altos representam superfícies com maior dificuldade de travessia e menor permeabilidade, e valores mais baixos representam menor dificuldade e maior permeabilidade. Não foram atribuídos valores à classe “outros”, da macro-classe área antrópica, como também à macro-classe área não observada (conforme foi discorrido no tópico 2.2.1). A reclassificação dos valores numéricos está apresentada na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 – Valores originais e valores atribuídos às classes de cobertura e uso do solo e às áreas de Reservas Legais (RLs), do mapa de “superfície de custo”.**

<b>Classes de cobertura do solo (TerraClass Cerrado) e áreas de RLs</b>		<b>Valor original</b>	<b>Valor atribuído</b>
Macro-classe	Agricultura anual	1	9
área antrópica	Agricultura perene	2	11
	Área urbana	4	50
	Mineração	6	60
	Mosaico de ocupação	5	30
	Pastagem plantada	8	20
	Silvicultura	9	5
	Solo exposto	10	20
	Outros	-	-
Macro-classe	Vegetação florestal	11	12
área natural	Vegetação não florestal	12	10
	Vegetação natural	13	13
	Área natural não vegetada	7	12

Macro-classe corpo d'água	3	8
Macro-classe área não observada	-	-
RLs	Cenário com RL	-
	Cenário sem RL	13
UCPIs	-	0

Finalizadas as alterações das classes no mapa de “superfície de custo”, pôde-se então iniciar o processamento do mapa de corredores ecológicos. Para isso, o mapeamento de corredores foi elaborado superposto ao mapa de “superfície de custo”, sendo primeiro definidos os pontos de origem/destino das rotas e depois processando as rotas em si.

### **3.2.3. Processamento das rotas em dois cenários (com RL e sem RL) e definição dos centroides**

Para o início do processamento do mapa dos corredores ecológicos, primeiro foram definidas as áreas de centroides, essas áreas são locais definidos como destino/origem para as rotas calculadas. Inicialmente todas as UCPIs selecionadas para a realização do mapa de “superfície de custo” iriam compor as áreas dos centroides. Entretanto, foi observado que algumas dessas unidades de conservação apresentavam tamanho muito reduzido para uma análise de corredores ecológicos em uma escala ampla, de paisagem. Com isso, foi escolhido que áreas pequenas não poderiam ser definidas como centroides, levando-se em conta a efetividade de conservação da área.

Dessa forma, das vinte e duas UCPIs (ver Quadro 2), foram selecionadas dezesseis para compor os pontos de centroides, sendo excluídas as seguintes (todas localizadas no DF): Monumento Natural do Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira (91 ha); Reserva Biológica da Contagem (3.470 ha); Reserva Biológica do Cerradão (54 ha); Reserva Biológica do gama (537 ha); Reserva Biológica do Guará (147 ha); Reserva Biológica do Rio Descoberto (434 ha). Portanto, o total de UCPIs selecionadas para compor as áreas de centroides estão listadas no Quadro 4 abaixo.

**Quadro 3 – Unidades de Conservação selecionadas como áreas de centroides para a elaboração dos corredores ecológicos.**

Código	Nome	UF	Esfera administrativa
1	Parque Nacional das Emas	GO	Federal
2	Parque Estadual da Serra De Caldas Novas	GO	Estadual
3	Refúgio da Vida Silvestre do Meia Ponte	GO	Estadual
4	Parque Estadual de Paraúna	GO	Estadual
5	Parque Estadual da Serra Dourada	GO	Estadual
6	Parque Estadual Altamiro De Moura Pacheco	GO	Estadual
7	Parque Estadual Serra de Jaraguá	GO	Estadual
8	Parque Estadual dos Pirineus	GO	Estadual
9	Parque Estadual do Descoberto	GO	Estadual
10	Parque Nacional de Brasília	DF	Federal
11	Estação Ecológica de Águas Emendadas	DF	Distrital
12	Estação Ecológica do Jardim Botânico	DF	Distrital
13	Parque Nacional da Chapada Dos Veadeiros	GO	Federal
14	Parque Estadual de Terra Ronca	GO	Estadual
15	Refúgio da Vida Silvestre da Bocaina	GO	Estadual
16	Parque Estadual do Araguaia	GO	Estadual

Após a definição dos pontos de origem/destino, foi então iniciado a execução das rotas que vão formar os corredores ecológicos. Esse processamento foi todo realizado através do software *Circuitscape 4* (Anantharaman *et al.*, 2020), que é um programa de uso livre elaborado com base na teoria dos circuitos para modelagem de conectividade em paisagens, e foi criado pelos autores Brad McRae, Viral Shah, Tanmay Mohapatra, e Ranjan Anantharaman (2014). Usualmente o programa<sup>21</sup> é utilizado para modelar movimentos de fluxo gênico e para identificar áreas que promovem conectividade em paisagens (McRae, Shah, Mohapatra, 2014).

Neste trabalho, foi utilizado dados em formato matricial, conforme foi dito anteriormente, e a execução foi realizada através da própria interface do *Circuitscape*, acessada no site do programa. O processamento de dados matriciais presente no programa funciona, em parte, de forma similar ao método CMC, em que os valores numéricos atribuídos às células presentes na matriz, são codificados objetivando representar características de permeabilidade ou de resistência da paisagem. Com isso, são calculados os valores dessas células e processadas

---

<sup>21</sup> O uso do *Circuitscape* pode ser feito por meio de sua própria interface gráfica ou através de uma caixa de ferramentas associada ao ARCGIS, e em seu processamento, as paisagens devem ser representadas através de dados no formato matricial (raster) ou no formato de rede, gerando mapas de rotas que indicam ou condutância/permeabilidade ou resistência presente na superfície (McRae, Shah, Mohapatra, 2014).

rotas cuja direção é formada com base no contato/proximidade fronteiroço dessas células (McRae, Shah, Mohapatra, 2014). Além disso, os dados da matriz são convertidos em dados de redes elétricas com cada célula tornando-se um nó/ponto, e esses pontos são interpretados ou como tensões, resistências ou corrente, e com base nisso, as rotas são formadas (McRae, Shah, Mohapatra, 2014; McRae *et al.*, 2008).

Dessa forma, as rotas foram então processadas seguindo-se a seguinte sequência de inserção de dados no Circuitscape: 1. Escolheu-se o tipo de dado matricial (raster); 2. Selecionada a opção de modo de modelagem “pairwise”; 3. Carregou-se o mapa de “superfície de custo” como sendo o dado matricial, ativando, nessa etapa, a caixa de seleção “*data represents conductances instead of resistances*”, uma vez que a análise deste estudo foi de condutância e não de resistência da superfície; 4. Carregado novamente o arquivo do mapa de “superfície de custo”, neste momento para indicar que os centroides (*focal node*) estão inseridos no mesmo arquivo; 5. Escolhido o caminho de diretório para salvar o arquivo no computador; 6. Marcou-se as duas caixas de seleção para ser gerado tanto o mapa com as rotas possíveis quanto o mapa com rotas de apenas valores máximos.

Ademais, todo esse processo de execução das rotas foi realizado duas vezes, com a sequência idêntica à essa citada, com exceção de uma diferença: foi modificado o valor numérico atribuído às áreas de RL, e assim, inseriu-se um mapa de “superfície de custo” diferente apenas nesse aspecto. Nessa segunda execução de rotas, para o cenário 1 (rotas com RL) foi atribuído o valor numérico 1, e para o cenário 2 (rotas sem RL) foi atribuído o valor numérico 11, (ver Quadro 3) e nenhuma outra alteração foi feita no mapa de “superfície de custo”. Essa modificação foi realizada no R *studio*, com o comando “reclassify”, gerando-se um novo arquivo de mapa de “superfície de custo”, idêntico ao anterior, com exceção dessa modificação. Essa mudança foi realizada pois foi escolhido executar as rotas de corredores em dois cenários distintos, para compará-los. As rotas de cada cenário foram resultantes do processamento realizado no *Circuitscape* descrito anteriormente, sendo realizado em seguida uma sobreposição de rotas. O resultado dessa sobreposição foi sintetizado em dois trajetos principais para cada cenário, para ser possível a comparação dentre essas rotas.

Após isto, as rotas de cada cenário foram comparadas, tendo em vista três critérios: sinuosidade, comprimento e custo. A Sinuosidade é definida pela quantidade de desvios que a rota realiza, onde rotas que tendem a ser mais lineares são rotas menos sinuosas. O comprimento é a medida da distância entre os centroides, e, portanto, é o tamanho da rota. Por fim, o custo é

o valor de permeabilidade da rota, onde calcula-se a dificuldade de determinado organismo em realizar movimentação na rota.

Esses critérios foram escolhidos por serem as principais características estruturais de trajetórias de corredores, pois neste estudo foi escolhido avaliar o aspecto estrutural dos corredores. Sendo assim, o resultado final do processamento das rotas de corredores ecológicos foi um mapa contendo duas rotas, do cenário com RL (cenário 1) e do cenário sem RL (cenário 2).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a análise da localização das áreas de RL e sua possibilidade de formarem corredores, este estudo resultou em um mapeamento de corredores ecológicos, elaborados em dois cenários distintos: o primeiro formado por áreas de RL (cenário 1: rota com RL) e o segundo sem considerar essas regiões (cenário 2: rota sem RL). Essas duas rotas foram elaboradas para serem comparadas entre si com base nos critérios de comprimento, sinuosidade e custo delas. Lembrando que a rota com RL é o percurso composto pelos limites de RL, já a rota sem RL é o percurso que desconsidera estas áreas sendo uma rota de referência, e foi escolhido fazer essa comparação de rotas para ser possível avaliar a localização das áreas de RL e verificar se essas regiões são capazes de formar corredores ecológicos que conectem as áreas de UC (pontos de origem/destino).

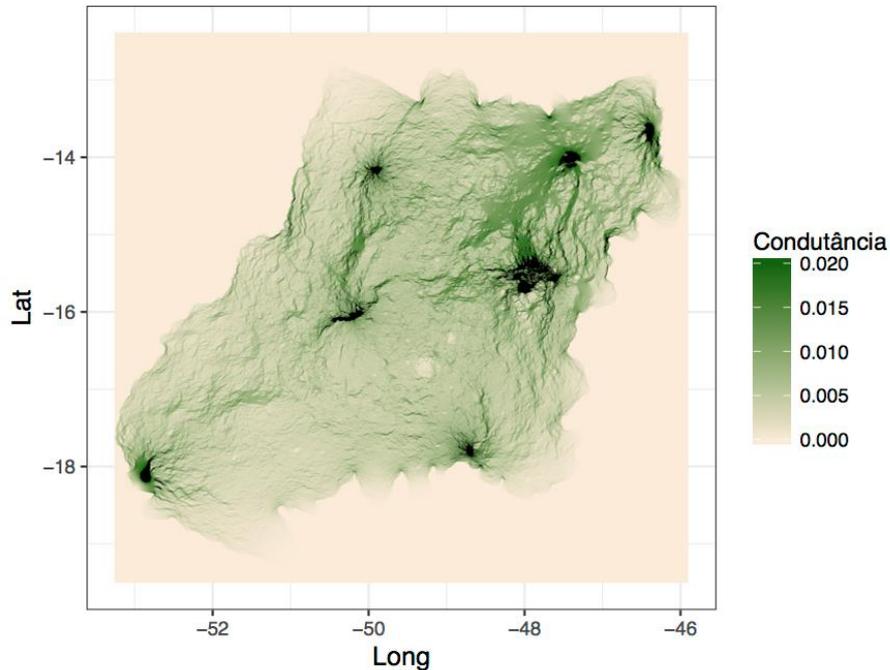
Assim, nesta seção será apresentado o resultado do mapeamento de rotas processado, e além disso, com base nos dados secundários coletados para a realização do mapa de “superfície de custo”, ao final desta seção é analisado o resultado encontrado do cenário do uso e cobertura do solo e o estado de proteção da região, fazendo-se um paralelo com os resultados de rotas encontradas para identificar a possibilidade de aplicação dos corredores apresentados neste estudo.

### 4.1. Cenários de corredores: rotas com e sem RL

O resultado geral encontrado nas rotas dos corredores está demonstrado nos mapas das Figuras 2, 3 e 4. Destaca-se que o mapa com duas rotas de cada cenário foi feito com base em uma sobreposição de inúmeras rotas executadas, descritas nos *Métodos* deste estudo. Desta forma, para a análise na perspectiva de paisagem foi avaliado os dois principais corredores, mas para a análise detalhada, feita com base na comparação dos critérios, foi avaliada as inúmeras rotas geradas em cada um dos cenários.

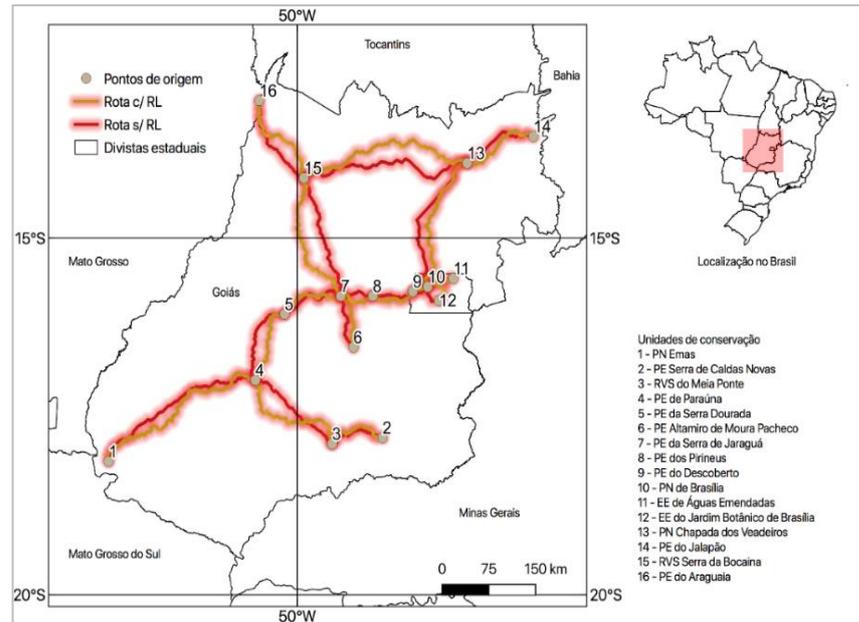
O mapa da Figura 2 apresenta o resultado de todas as possibilidades de rotas geradas para cada um dos cenários definidos. Nesse mapa está demonstrado como foi realizado a execução das rotas, em que foram gerados inúmeros trajetos possíveis para conectar as áreas de UCs (centroídes) que apresentam maior condutância (fluxo de movimentação). Com base nessa variedade de trajetórias o mapa apresentado na Figura 3 foi gerado a partir da sobreposição dessa diversidade de percursos para ser elaborado o mapa com as rotas principais. Para a análise

detalhada dos cenários com e sem RL, foram calculados os valores e índices baseado nessa inúmera distribuição de rotas. O resultado dessa análise será apresentado nos gráficos posteriormente.



**Figura 2 – Mapa da distribuição das inúmeras rotas processadas em ambos os cenários.**

Na perspectiva de paisagem (pequena escala) apresentada na figura 3, foi encontrado que há uma aparente similaridade entre as trajetórias das rotas com e sem RL, no entanto quando se analisam essas rotas com detalhamento, pode-se verificar que essas rotas não se aproximam e são distintas uma da outra. A aparentemente aproximação das rotas com e sem RL, indicaria que a rota com RL seria semelhante à rota sem RL, demonstrando que as áreas de RL iriam percorrer percursos otimizados, tendo em vista os três critérios levantados, pois as rotas sem RL foram executadas com base na possível eficácia de cada um dos critérios de custo, sinuosidade e comprimento, e com base na ausência dos limites de RL. No entanto, esta possibilidade de similaridade não foi constatada quando se avaliou as rotas detalhadamente através da comparação de cada critério, apresentados posteriormente.



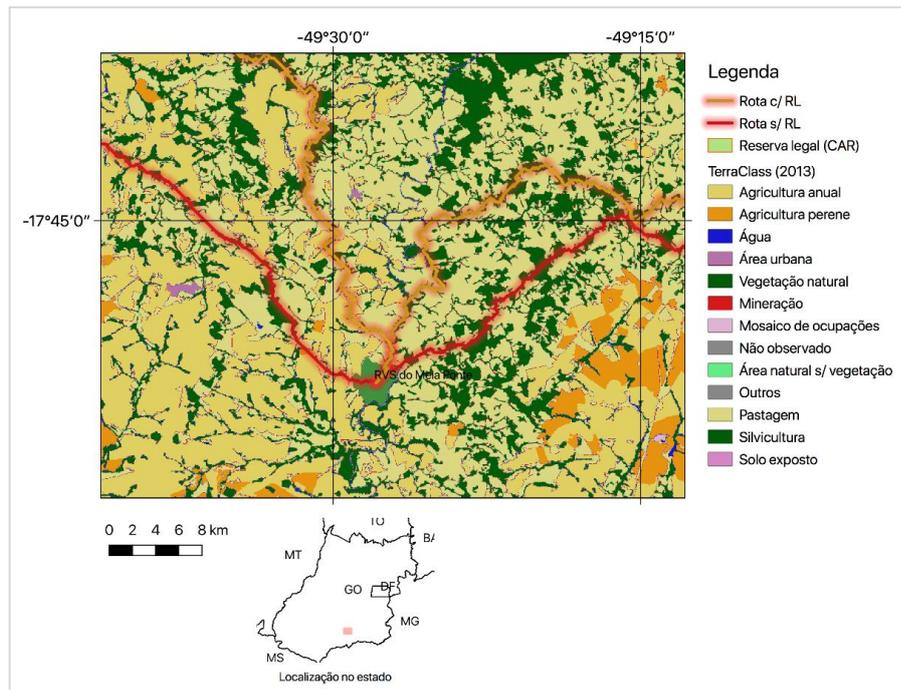
**Figura 3 – Mapa das rotas de corredores ecológicos de cada cenário.**

O mapa das rotas está em uma escala pequena para abranger toda a extensão do território (a totalidade das áreas de GO e DF) e tornar possível visualizar todo percurso das rotas encontradas, uma vez que neste estudo buscou-se realizar uma avaliação da paisagem da área estudada. Devido a essa escala escolhida, é importante ressaltar que pode haver a percepção de que as rotas se aproximam, pois, o uso de uma pequena escala diminui a quantidade de detalhes apresentado. Mas para remediar esse possível equívoco, as rotas foram analisadas com detalhamento através da comparação dos critérios estabelecidos, e além disso está exemplificado na Figura 4 a perspectiva aproximada das rotas.

Verifica-se que em ambas as rotas, grande parte das trajetórias entre os pontos de origem/destino são caminhos extensos. Isto pode ocorrer devido à baixa quantidade de pontos de origem (áreas de UC), presente na região de GO e DF juntos, indicando que as UCs estão distantes uma das outras e a possibilidade de haver isolamento dentre elas. Sendo que, as duas regiões em que ocorre exceção dessa situação é a área interna do DF e a área na direção oeste próxima à essa UF.

Já no detalhamento do percurso das rotas encontradas, exemplificado na Figura 4 abaixo, fica evidente o distanciamento dentre as rotas, quando é observado a uma escala maior. Nesta escala há menor abrangência na extensão do território, mas pode-se observar maior quantidade de detalhes do percurso da rota. No exemplo desta imagem, além do distanciamento, há a

diferença entre as rotas com relação a sinuosidade de cada uma, onde a rota com RL (cenário 1) se apresenta com maior sinuosidade comparada a rota sem RL (cenário 2). Este recorte do mapa, é um exemplo representativo, pois esta diferença com relação a sinuosidade, dentre as rotas com e sem RL ocorre na distribuição dos percursos encontrados, que serão percorridos posteriormente.



**Figura 4 – Recorte do mapa em menor escala, das rotas de corredores ecológicos.**

Portanto, o resultado das rotas demonstrou que embora as rotas com e sem RL pareçam muito próximas em pequena escala, o que significa que as RL estão dispostas de uma forma relativamente otimizada, em uma escala maior há um distanciamento expressivo, indicando que as áreas de RL precisam ser consideradas no planejamento territorial local.

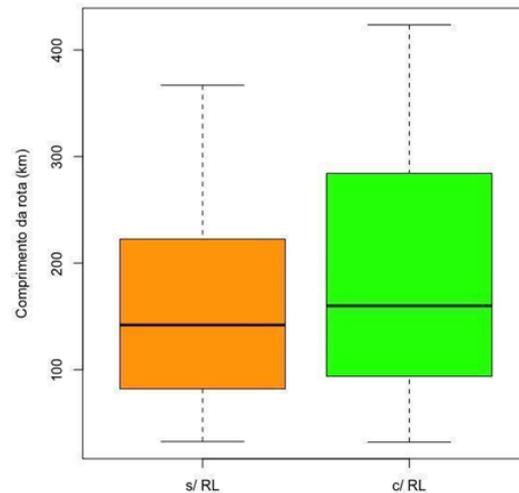
A avaliação detalhada, para melhor compreender as diferenças existentes dentre as rotas encontradas, foi realizada através da comparação com base nos critérios de sinuosidade, comprimento e custo destas rotas. Esses critérios foram escolhidos por serem as principais características estruturais de corredores. Desta forma, destaca-se que neste estudo foi realizado apenas a avaliação do aspecto estrutural das rotas, mas há distintas maneiras de avaliar a efetividade de corredores, como por exemplo através da análise do aspecto funcional das rotas,

onde consideram-se os atributos de mobilidade dos organismos (Parks, McKelvey, Schwartz, 2013; Adriaensen *et al.*, 2003).

A análise de conectividade com base no aspecto estrutural é comumente realizada tendo em vista apenas o comprimento da rota (Adriaensen *et al.*, 2003), no entanto o método do CMC escolhido neste estudo leva em conta outras características da rota além do comprimento, como a sinuosidade e o custo (permeabilidade). Considerar essa gama de fatores é importante pois além da distância da rota, há outras causas que influenciam a permeabilidade do percurso, como diferentes coberturas do solo e presença de barreiras, e isto pode ser avaliado calculando-se o custo das rotas, por exemplo. Assim, cada um dos critérios, referente às características estruturais das rotas, foram avaliados separadamente, com base no cálculo de estatística descritiva representados nos gráficos seguintes.

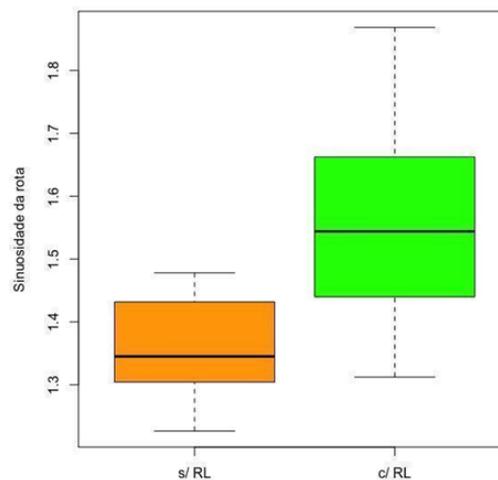
Ressalta-se que as rotas sem RL foram processadas para demonstrar quais são os caminhos otimizados, quanto aos critérios estabelecidos, e ser, portanto, um ponto de referência. Com isso, as rotas sem RL podem apresentar melhores indicadores em cada critério. No entanto, nesse estudo buscou-se verificar o quão as rotas formadas por áreas de RL se aproximam do percurso de referência (rotas sem RL) e quais são suas principais diferenças quando comparadas.

Primeiro, o comprimento das rotas com e sem RL foi calculado em km com base na distância entre os pontos de origem/destino de cada rota. Conforme está demonstrado no Gráfico 1, na comparação dentre as rotas com e sem RL, não foi encontrada alta discrepância entre os valores de comprimento (km) de cada uma. Há uma pequena parcela de comprimentos maiores nas rotas com RL, no entanto a distribuição dos valores do comprimento das duas rotas se aproximam, conforme os valores dos limites (máximo e mínimo) e na amplitude interquartil no gráfico. Com isso, têm-se que a rota com RL e a rota sem RL apresentam uma distribuição de medidas de comprimento similares.



**Gráfico 1 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério do comprimento.**

O segundo critério, é referente a medida de sinuosidade das rotas e está apresentado no Gráfico 2 abaixo. A sinuosidade é calculada com base na quantidade de desvios realizados pela rota, onde o menor índice é referente às rotas menos sinuosas. O critério de sinuosidade pode ser confundido com o comprimento, mas esse fator considera o quão direto e linear (menos curvo) é o percurso, e não o quão distante, já que, por exemplo, uma rota linear não necessariamente é mais curta.



**Gráfico 2 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério de sinuosidade.**

Pode-se verificar no Gráfico 2 que quando se compara a sinuosidade das rotas, diferente do resultado do comprimento, há visível discrepância entre elas, onde as rotas sem RL apresentam menores índices de sinuosidade, além disso, as rotas com RL têm a distribuição

interquartil acima do maior índice de sinuosidade das rotas sem RL. Com isso, verifica-se que as rotas com RL têm sinuosidade superior às rotas sem RL, este resultado era esperado, uma vez que ao desconsiderar as áreas de RL, a execução dessas rotas é realizada para otimizar o percurso possível, e assim a rota mais eficaz processada tende a ser uma rota menos sinuosa.

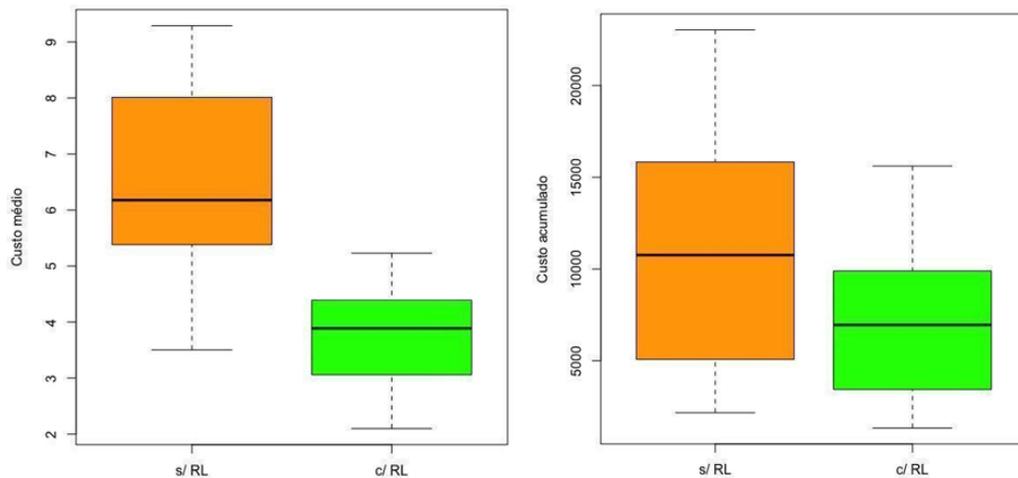
A assimetria entre os resultados dos critérios de comprimento e sinuosidade pode indicar que, independente do comprimento das rotas (e distância entre os pontos de origem/partida), há desvios ou barreiras que contribuem para a não linearidade dos percursos ou outra forma de impedimento para que o trajeto composto por RLs se apresente com altos índices de curvas. Além disso, pode-se inferir também, que o fato das rotas formadas por RLs serem caminhos mais sinuosos não indica necessariamente que essas rotas são mais longas quando comparadas ao percurso otimizado (rota sem RL), e sim que há alta ocorrência de impedimentos ou desvios no trajeto. Por isso é importante avaliar ambos os critérios de sinuosidade e comprimento de forma complementar, já que avaliar um dos critérios isolados pode não representar o cenário como um todo.

O último critério avaliado, foi com relação ao custo de se percorrer a rota traçada, este fator foi calculado com base na somatória dos valores das células<sup>22</sup> da matriz (custo acumulado) e dividido pelo comprimento das rotas (custo médio). O critério de custo avalia a permeabilidade da superfície e, portanto, leva em consideração a composição da cobertura e uso do solo da área, onde custos mais elevados representam maior dificuldade em percorrer a rota, e menores custos maior facilidade.

O resultado da comparação dos custos médio e acumulado estão apresentados nos Gráficos 3 e 4 abaixo. Diferente dos resultados dos outros critérios, de comprimento e sinuosidade das rotas, no resultado do cálculo dos custos as rotas sem RL apresentaram dados menos favoráveis do que os dados das rotas com RL.

---

<sup>22</sup> Os valores das células, que foram reclassificados, utilizadas no cálculo dos custos estão apresentados na Tabela I na seção dos *Métodos*.



**Gráficos 3 e 4 – Comparação das rotas com e sem RL com base no critério de custo médio e acumulado.**

Quanto aos resultados dos custos médios, foi encontrado que as rotas sem RL apresentam custos mais elevados do que as rotas com RL, onde os valores dos custos médios estão bem abaixo. E há maior variabilidade (intervalo interquartil) nos valores médios dos custos das rotas sem RL do que nas rotas com RL. Esta discrepância dentro das rotas é atenuada quando se comparam os custos acumulados, nos quais tanto as rotas sem RL quanto as rotas com RL aumentaram a distribuição dos valores, mas a rota sem RL permaneceu apresentando os maiores custos. Esse aumento na distribuição dos valores dos custos, quando calculados de forma acumulada, pode ter ocorrido devido à menor disponibilidade de possibilidade de rotas, pois quanto menor a quantidade de rotas, maior é o custo acumulado. E isto pode indicar que tanto nas rotas com RL quanto sem RL há menor quantidade de opções de trajetos, indicando com isso, a menor disponibilidade de áreas com cobertura e uso do solo que são mais propícias à movimentação. No entanto, quando comparadas entre si, infere-se que as rotas desconsiderando as áreas de RL (rotas sem RL) têm menor disponibilidade de rotas do que as áreas compostas por RLs.

O resultado dos custos encontrado pode ter sido enviesado pelo fato de que durante a reclassificação dos valores das células, as células que representassem presença de vegetação nativa fora das áreas de RL atribuíam-se valores mais baixos, devido ao fato de que presença de vegetação promove maior permeabilidade. No entanto, a discrepância entre os resultados dos custos quando comparados com as rotas mais eficazes (rotas sem RL), indica que se não houvesse as áreas de RL, haveria maior dificuldade em percorrer a rota, indicando também que

pode haver baixa quantidade de alternativas de outras rotas com vegetação, ou com uma cobertura do solo com permeabilidade similar.

Por fim, com base na comparação dos três critérios, de comprimento, sinuosidade e custo das rotas com e sem RL, de um modo geral foi encontrado que o percurso dessas rotas não é similar, apresentando discrepâncias nos três critérios no qual as rotas compostas por áreas de RL não se aproxima tanto do trajeto otimizado, em escala maior, representado pela rota sem RL. Porém essa discrepância não indicou que as rotas com RL são inferiores, ou menos propícias do que as rotas sem RL, pelo contrário. Com exceção do comprimento, quando comparado à rota sem RL, que a princípio eram áreas otimizadas, os resultados mostraram que as rotas compostas por RLs apresentaram indicadores mais favoráveis do que as rotas sem RL, formadas por trajetos com menores custos (médio e acumulado) e com comprimentos próximos às rotas otimizadas. Destaca-se que o critério do custo das rotas foi o fator que mais os valores se divergiram, ademais verificou-se com isso, que se as áreas de RL fossem ausentes o custo em atravessar a paisagem seria mais elevado, aumentando assim a dificuldade do trajeto.

Assim, ficou evidenciado a importância das áreas de RL para incrementar a permeabilidade da área estudada, tendo em vista o elevado custo de movimentação ao desconsiderar essas áreas. Além disso, a extensão do comprimento das rotas com e sem RL ressaltou a escassez de Unidades de Conservação, representadas por pontos de origem/destino das rotas. E o baixo índice de sinuosidade das rotas com RL destaca como essas regiões podem contribuir para facilitar o deslocamento na área, tendo em vista o alto grau de conversão evidenciado pela elevada sinuosidade da rota sem RL, quando desconsiderou-se a presença das áreas de RL.

Além disto, a partir dos resultados do mapa de corredores no panorama geral, ficou evidenciado que para o planejamento de corredores é importante ser avaliado não apenas a perspectiva de paisagem, mas também o detalhamento à nível local das rotas. Portanto, os resultados dos mapas apresentados mostraram que as áreas de RL da região estudada do estado de GO e do DF podem promover a conectividade, do ponto de vista estrutural, da região.

Além do mais, há diversas abordagens para identificação de corredores, como a teoria dos circuitos, a teoria dos grafos, os modelos de fluxo de redes, o corredor de menor custo, o “caminho de menor custo”, dentre outros (Parks; McKelvey; Schwartz, 2013). No entanto, neste trabalho escolheu-se o CMC pois este método permite avaliar os distintos aspectos da cobertura do solo analisada, proporcionando uma análise mais abrangente da paisagem.

Etherington e Holland (2013) apontam que o CMC é um método popular, usado em 25% de trabalhos publicados entorno do tema de corredores, e esse método busca fornecer uma

medida de conectividade. Mas os autores destacam que o CMC (*least-cost – LCP* – no estudo), pode fornecer resultados mais robustos com relação à conectividade caso seja considerado tanto a distância quanto o custo, devidamente representado, do caminho. Isto porque em suas simulações realizadas, os autores mostraram uma possível correlação entre o CMC e uma simples distância euclidiana. Ademais, Parks, McKelvey e Schwartz (2012) recomendam que o CMC seja complementado com outros dados, como a distribuição genética por exemplo, para que a hipótese do CMC seja corroborada pois segundo os autores, a correlação com dados genéticos é considerada a mais eficaz. Porém devido à dificuldade na disponibilidade de dados genéticos, o CMC pode apontar áreas propícias para futuros estudos genéticos.

#### **4.2. Uso e cobertura do solo da região estudada**

Os dados coletados na elaboração do mapa de “superfície de custo” em que apresentaram o cenário da paisagem do local estudado, demonstram que a área de GO e DF estão cobertos em sua maior parcela por atividades agropecuárias, com escassas áreas de Unidades de Conservação e de Reservas Legais, no período estudado. Conforme os dados cobertura do solo coletados em MMA (2015), foi encontrado o percentual de atividades agropecuárias sendo 56,5% de GO e 42,5% do DF, cujo uso é referente à pastagem plantada, silvicultura, agricultura anual e perene. Dentre as atividades agropecuárias, tanto em GO quanto no DF, destaca-se a pastagem plantada como atividade com maior percentual de uso no solo, sendo 42,4% e 24,5%, respectivamente. A outra parcela das áreas de GO e DF eram cobertas por área natural, ocupando 40,8% no DF e 41,8% em GO, no período estudado.

Quanto a distribuição das áreas de RL nessas regiões, segundo dados do CAR, para o estado de GO foram encontradas o percentual de cobertura de 9,23%, onde 53,16% do estado são propriedades rurais. As áreas de UCs abrangem 7,35% do território com uma área de 1.902.537 ha. Desse total, as áreas de UCPI são a menor parcela do estado, ocupando 1,61% (546.253 ha), com o restante das UCUS abrangendo 5,74% (1.955.014 ha) de GO. No DF foi encontrado que 8,40% da área é composta por RL, e 44,89% é referente a áreas de propriedades rurais (CAR). E as áreas de UCs, à primeira vista o total de UCs é superior ao de GO, e ocupa 42,84% da UF. Esta dimensão é principalmente devido à seis UCs da categoria de Área de Proteção Ambiental (APA) cujas áreas são elevadas, variando de 20 mil, 40 mil e 80 mil hectares. No entanto esta categoria apresenta flexibilidade quanto à uso e ocupação da área, desde permitir construção civil, produção agrícola, dentre outros. Assim, apesar deste alto

percentual, esse dado não representa um consequente alto índice de proteção de vegetação nativa do DF. Assim, diferente do cenário em GO, a abrangência de áreas de RL são inferiores às áreas de UCs no DF. No entanto, deve-se considerar a dimensão da categoria de APAs presentes nesta UF pois, desconsiderando-se as regiões das APAs, o percentual de abrangência de UCs no DF cairia para 2,9%, e as áreas de RL (17%) se apresentariam superiores.

Com isso, os dados referentes a cobertura no solo, UCs e RLs no estado de GO e no DF demonstram que há predominância de propriedades privadas nestes territórios, corroborando a frequente constatação de que, quando comparado à distribuição de áreas protegidas, as áreas de imóveis rurais, cuja área com cobertura do solo é majoritariamente voltada para atividades agropecuárias são superiores. Além disto, a abrangência das áreas de RL tanto no território de GO quanto no DF, apesar de diminutas quando comparadas às áreas de cultivos agropecuários, foram superiores às áreas efetivamente protegidas através de UCs, e com isso se apresentam-se como imprescindíveis tendo em vista a totalidade de áreas protegidas nessas UCs.

Portanto, fazendo um paralelo com os dados do cenário de ocupação encontrado com os resultados do mapeamento das rotas de corredores ecológicos, têm-se que o cenário de alta conversão que ocorre na paisagem do bioma Cerrado em GO e no DF, e sua consequente fragmentação, podem ser mitigados e revertidos através de corredores que percorrem áreas de RL. Esta constatação pode ser feita por três principais aspectos.

Primeiro, a presença das áreas de RL pode formar corredores devido ao fato dessas serem regiões legalmente protegidas e reconhecidas, dispo de delimitação com respaldo legal e sua presença assegurada. Com isso, há a possibilidade das áreas de RL serem incluídas no planejamento de corredores, otimizando o uso deste instrumento para fomentar a conectividade da região, e assim, reduzir a fragmentação.

Em segundo lugar, a inclusão das áreas de RL no planejamento de corredores é uma forma de envolver o proprietário rural diretamente nas ações de conservação. A manutenção de áreas com remanescentes de vegetação, e a consequente oferta de serviços ecossistêmicos, são responsabilidades do proprietário pois este deve assegurar a função social da terra, provisões exigidas no Art. 170 da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988).

E em terceiro, as RLs são áreas que podem promover a conectividade pois, apesar das rotas de corredores compostas por áreas de RL serem mais sinuosas, os custos de deslocamento, médio e acumulado, são menores do que quando desconsidera a presença dessas áreas. Esse fator indica que é a movimentação na paisagem é mais custosa quando se desconsideram as

áreas de RL, e assim infere-se que a presença das RL facilita a movimentação na paisagem, e com isso, podem promover a conectividade.

Além disso, os baixos índices de custo das áreas de RL pode ocorrer devido às áreas do entorno das RL serem compostas por matrizes agropecuárias, pois estas áreas produtivas têm custo de movimentação menor que áreas urbanas, por exemplo. O impacto das áreas de produção na fragmentação da paisagem é diferente para distintas coberturas do solo. Isto pode ser exemplificado no estudo de Carvalho, Marco Júnior e Ferreira (2009), onde os autores comparam fragmentos de áreas agrícolas com áreas de pastagens e concluem as áreas com grãos são mais fragmentadas, com fragmentos com tamanhos menores enquanto as áreas com pasto apresentam maior quantidade de fragmentos que possibilita a ocorrência de grandes mamíferos, e indicam que áreas com grãos promovem paisagens mais prejudicial para a conservação, tendo em vista o aspecto da fragmentação.

Com isso, é notório a importância das áreas de RL tanto para promover a conectividade da paisagem, quanto para integrar os proprietários rurais nas ações de conservação. Alguns outros aspectos que demonstram a importância dessas áreas estão robustamente listados no estudo de Metzger *et al.* (2019), onde os autores apontam que: 1. As áreas de RL incrementam a permeabilidade e conectividade de remanescentes de vegetação nativa na paisagem (conforme foi encontrado neste estudo); 2. As RLs contribuem para a regulação climática, em que 21,5% do estoque de carbono de todo o País estão nessas áreas; 3. RLs são cruciais para a conservação dos recursos hídricos, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, pois estes recursos dependem do uso e cobertura do solo; 4. A proximidade das RLs às áreas de cultivo agrícolas promove serviço de polinização e contribuem no controle de pragas e doenças, pois tanto predadores quanto polinizadores se deslocam das áreas naturais em direção às áreas cultivadas; 5. A cobertura vegetal presente na RL, auxilia no controle de transmissão de doenças como hantavírus, febre amarela, malária, dentre outros, e assim consequentemente afetam a saúde humana; 6. A inexistência das áreas de RL, junto aos remanescentes de vegetação nativa excedentes, podem levar ao prejuízo financeiro de entorno de R\$ 6 trilhões de reais ao ano, de acordo com o cálculo com base na valoração dos serviços ecossistêmicos prestados por essas áreas. Assim, têm-se a dimensão do quanto é fundamental a existência das áreas de RL dentro das propriedades privadas brasileiras.

Quanto à eficácia do instrumento de RL, os autores Siqueira e Nogueira (2004) em seu estudo entorno das alterações do novo CF e a consequente alteração no percentual de RL, os autores apontam que há dificuldade em demonstrar a eficácia deste mecanismo pois não há

clareza em seus objetivos. Ademais, Oliveira (2015) destaca que o critério de compensação, definido na atualização do CF, contribui para que a alocação da delimitação de RL se situe em áreas sem similaridade à região em que houve supressão dela.

Todavia, neste estudo, têm-se a clareza de que a abrangência das áreas de RL tanto no território de GO quanto no DF, apesar de diminutas quando comparadas às áreas de cultivos agropecuários, se apresentam imprescindíveis tendo em vista a totalidade de áreas protegidas nessas UFs. Ademais, fica evidente a necessidade de incrementar a extensão de criação de Unidades de Conservação nessa região, visto que o cenário comum de predominância de imóveis rurais apresenta grande parcela de ocupação com cultivo agropecuário, podendo haver avanço da fronteira agrícola, conforme usualmente ocorre nas tendências existentes.

Esta tendência é averiguada no estudo de Resende *et al.* (2019), onde os autores avaliam como os impactos da mudança no uso do solo no bioma Cerrado afetam a provisão de serviços ecossistêmicos. Dentre os resultados, os autores usam o modelo OTIMIZAGRO e apontam que a cobertura do bioma pode chegar a 32% em 2050, com base na previsão de expansão da pecuária e de cultivos agrícolas tendo em vista o registro histórico e as tendências de produção que são projetadas oficialmente. E com isso, apontam que essa perda tende a diminuir a provisão de serviços ecossistêmicos e destacam a urgência em incrementar ações de conservação para evitar o agravamento de conflitos entorno do uso do solo.

Além do mais, a partir dos resultados aqui apresentados, pode-se observar a importância das informações do CAR inseridas na plataforma SiCAR. Conforme apresentado na seção dos *métodos* deste estudo, a criação do CAR tem o objetivo de promover a regularização ambiental dos imóveis rurais, através da consolidação das informações ambientais dessas áreas. Assim, o CAR é a principal ferramenta de informações ambientais dos imóveis rurais apresentando dados públicos e acessíveis. Os limites de RL, por exemplo, são estabelecidos por meio desta ferramenta, assim como a delimitação de outras áreas protegidas como as APPs e AUR. Desta forma, o CAR tem exímia importância para contribuir no cumprimento da legislação do CF quanto ao fortalecimento das áreas protegidas inseridas nos imóveis rurais brasileiros, e com isso fortalecer a gestão entorno dos distintos usos da terra no país.

Como bem apontam Roitman *et al.* (2018), apesar das inúmeras alterações no novo Código Florestal (CF), terem sido apontadas dentre a comunidade científica e movimentos sociais como um retrocesso, como exemplo a anistia de áreas desmatadas ocorridos antes do ano de 2008 (Silva, Marque, Sambuichi, 2016), a nova legislação instituiu a criação do CAR, e

o sistema de compilação de seus dados, o SiCAR, e a criação deste instrumento foi um grande avanço. Nesse mesmo estudo, os autores realizam uma avaliação deste instrumento, destacando sua importância, mesmo tendo em vista a dificuldade de consolidar a ferramenta. Os autores destacam que a criação do CAR representa o compromisso na busca de combater o desmatamento. É fundamental que esse compromisso, estabelecido por forte pressão, esteja respaldado ao menos através da normatização de uma legislação, o CF. Este estudo apresenta aspectos otimistas e promissores referente a implementação do CAR. Dentre os motivos apontados, alguns deles foram: melhorar o monitoramento ambiental no Brasil; otimizar as estratégias de manutenção e restauração das áreas de RL, APP e outras áreas; fornecer dados de áreas desmatadas; incentivar a utilização do Cota de Reserva Ambiental (CRA); e, ser utilizado também para políticas públicas de outros setores como o agrícola e florestal. Uma das questões levantadas inclusive foi adotado no presente estudo, em que os autores destacam que os dados do CAR podem mapear remanescentes de vegetação e corredores ecológicos para avaliar os níveis de fragmentação. Essas inúmeras utilizações do CAR são alguns exemplos que, se forem associados à outras ações de governança, têm forte potencial em ser implementadas ou fomentadas, algumas evidências existentes foram citadas no estudo.

A paisagem encontrada neste estudo torna evidente a predominância da ocupação agropecuária em seu território e retrata a presença da hegemonia do setor agrícola na região, tendo em vista a abrangência destas áreas e seu prosseguimento histórico. No entanto, apesar da importância do setor para o crescimento econômico nacional, a preocupação entorno da disseminada característica que foi sendo atribuída ao bioma de ‘celeiro’ do mundo (Medeiros, 2007), é amplamente alertada tanto através dos movimentos sociais e instituições do terceiro setor, conforme é exemplificado no estudo de Canuto (2004), como também por especialistas na comunidade científica. Apresentando, através de evidências encontradas, a consensual preocupação entorno dos impactos negativos do setor agropecuário, e em consequência a demanda urgente por melhoria e mudança no desenvolvimento do setor (Aquino *et al.*, 2008).

Além dos dados coletados, o cenário de alta conversão no uso do solo pode ser confirmado comparando-se com dados de mapeamento das taxas de desmatamento, como é apresentado na plataforma PRODES Cerrado (INPE, 2020). Em que, durante o período estudado, GO apresentou índice de incremento de área desmatada variando de 667.084 ha no ano de 2001, período de seu ápice, mas com esse índice em queda até o ano de 2016, com um incremento de área desmatada de 67.167 ha nesse ano. E no DF, este incremento também teve

grande aumento no início dos anos 2000, de uma área de 8.243 ha em 2003, mas essa área decresceu até o ano de 2016, chegando à uma área desmatada de 256 ha.

Em suma, alguns dos impactos negativos da mudança do uso do solo, que são comumente citados na literatura, estão agrupados nos estudos de Barbosa e Araújo (2020), como: perda de biodiversidade; degradação da cobertura do solo; redução da rede de drenagem; deterioração de sítios arqueológicos. E, Canuto (2004) adicionalmente cita os danos de: aumento da concentração de terra e incremento de populações do campo sem-terra; queda da produção de alimentos básicos em substituição aos produtos de exportação; e impacto na saúde humana através da contaminação por agrotóxicos. Apesar disto, o Brasil tem chance de aliar a conservação de áreas naturais à sua permanência como potência agrícola.

Segundo Lapola (2014), para chegar a essa mudança, são necessárias algumas ações como a intensificação na agricultura, a melhoria de tecnologias, o desenvolvimento de novos arranjos produtivos e a implementação de práticas de manejo conservacionistas do solo, além da aplicação efetiva de políticas públicas como o CF e o programa ABC. Esta modificação do setor agrícola é palpável pois já há exemplos de existência de algumas dessas práticas. Ainda no estudo de Lapola (2014) é apontado que desde meados da década de 2000 até recentemente, ocorreu a dissociação entre o desmatamento e a expansão da agricultura, onde o aumento de rebanho e áreas agrícolas continuaram a crescer, porém o desmatamento em diversos biomas foi reduzido, com algumas exceções. E com isso, esta evidência é um exemplo em que se demonstra que não há necessidade de permanecer a expansão da fronteira agrícola para incrementar a produtividade agropecuária.

Complementarmente, áreas naturais onde há presença de povos, como indígenas e povos tradicionais, se apresentam como importantes regiões que contribuem na redução da taxa de conversão de áreas de vegetação nativa. No trabalho de Carranza *et al.* (2013), os autores examinaram tanto a eficácia de Territórios Indígenas (TI) quanto de UCs, de ambas as categorias, em reduzir esta conversão no bioma Cerrado, e encontraram menores taxas de desmatamento dentro dessas áreas, sendo que as UC da categoria de Proteção Integral (UCPI) foram as mais eficazes. Os autores Andrade e Iadanza (2016) apresentam outra perspectiva, em que as ações de fortalecimento na gestão de unidades de conservação serão bem-sucedidas caso seja reconhecida a importância em aliar a participação dos povos e comunidades presentes, e para isto os autores propõem que sejam consolidados os espaços de participação existentes no processo de governança.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema abordado no presente estudo e os resultados apresentados podem contribuir para destacar a importância das áreas de RL e seu potencial para promover a conectividade no bioma Cerrado, tendo em vista as regiões estudadas do estado de GO e no DF. A avaliação dos corredores realizada aponta que dentre as áreas protegidas de RL e UC da região, as RL têm maior distribuição e as áreas de UCs são escassas, mas ambas se apresentaram imprescindíveis para a promoção da conservação ambiental através da mitigação da fragmentação. Esta análise é especialmente importante para o bioma Cerrado, onde há elevados índices de conversão e em consequência um risco de expansão da fronteira agrícola. Além disto, fica evidente a urgência em incluir o setor agrícola, cujos produtores rurais ocupam a maior parcela fundiária da área estudada, nas ações e no planejamento para a conservação.

A partir deste estudo fica destacado que as áreas de RL podem ser aliadas ao planejamento de Corredores Ecológicos (CE), mas para isso é necessário o fortalecimento da ferramenta do CAR para a otimização do planejamento destas áreas. A possibilidade de CEs serem compostos por RLs está prevista tanto no Código Florestal (BRASIL, 2012) quanto no SNUC (BRASIL, 2000). No entanto, há inúmeros entraves para esta implementação tendo em vista a complexidade do planejamento das áreas de RL para formar CE. Um exemplo disso, é a dificuldade presente em se realizar um planejamento em escala de paisagem e a escassez de dados e estudos disponíveis sobre habilidade e capacidade dos corredores de serem utilizados por organismos. Além disso, há escassez de incentivos governamentais que complementem a implementação de CEs previsto nas políticas públicas.

É consensual dentre os especialistas de que a maior causa da perda de hábitat é a fragmentação e dentre as soluções possíveis para mitigar este problema há o planejamento de Corredores Ecológicos (CEs). Segundo Beir e Noss (1998) mesmo a comunidade científica que crítica aos CEs admite que qualquer configuração de hábitat ao promover o deslocamento dentre fragmentos irá aumentar a viabilidade da população. Além disso, os autores apontam que a maioria de estudos entorno de corredores sugerem que eles fornecem benefícios ou de fato são usados por organismos. Portanto, o uso da ferramenta de CE, mesmo que ainda não haja consenso em torno de sua eficácia, é um importante instrumento para ser utilizado na tentativa de promover a conectividade.

Com isso, este trabalho buscou contribuir para incrementar o estudo entorno do planejamento de CEs, e ressaltar a importância dessa técnica como possível solução para a

fragmentação de habitats. A análise realizada neste trabalho teve como base o CMC cujo método é uma tentativa de considerar os inúmeros aspectos presentes na paisagem. Os corredores compostos por áreas de RL encontrados foram referentes a uma avaliação estrutural da rota, portanto se limita a isto. Estudos entorno da funcionalidade de rotas se fazem necessários para serem observados os critérios de deslocamento de organismos, já que ocorrem distintas exigências (ou generalismos) de áreas e travessias a depender da fauna.

A avaliação de CEs pode ser realizada tendo em vista não apenas as áreas de RLs, mas também outras regiões em que ocorrem remanescentes de vegetação nativa como as áreas de APP (Zimbres, 2016; Santos *et al.*, 2022), no entanto, ressalta-se que as áreas de APP possuem distintas finalidades das áreas de RL além de que essas áreas apresentam uma amplitude na escolha da alocação. Além disto, no processo de delimitação das áreas de RL, existe a oportunidade e a possibilidade desta área ser ordenada de tal forma que seja considerada a formação de CEs, conforme é previsto no Código Florestal (BRASIL, 2012). Para isso é necessário que os órgãos ambientais adicionem este fator no planejamento da regularização fundiária do imóvel rural (PRA) ou na etapa de aprovação da localização das áreas de RL. Além da junção dos instrumentos de RL e CE, são inúmeros os usos entrono do planejamento de CE, estes podem ser associados a outros instrumentos de gestão territorial como na gestão de áreas de mosaico, ou podem indicar áreas prioritárias para recuperação e restauração, já que há alto grau de áreas degradadas e pastagens abandonadas.

Tendo em vista que o presente estudo analisou o aspecto estrutural dos corredores, ressalta-se que a avaliação realizada se limita a este aspecto. No entanto é importante avaliar as características funcionais dos corredores pois a efetividade desse instrumento vai ser corroborada quando esse critério também é considerado (Hilty *et al.*, 2020). Assim, recomenda-se estudos com enfoque no aspecto funcional dos corredores para a região estudada, para complementar os resultados encontrados nesse trabalho.

Além disso, é importante que estudos de projetos de corredores ecológicos avaliem também as possíveis desvantagens em se estabelecer os corredores. Os autores Hilty *et al.* (2020) recomendam a inclusão desse critério pois há alguns debates sobre os impactos negativos dos corredores, sendo a maioria entorno do aumento de predadores, porém os autores destacam que ainda assim os benefícios da presença de corredores são superiores.

Esse estudo se limitou a analisar uma parcela da totalidade das áreas de RL e das áreas de UCs presente na região. Assim, as outras categorias de UCs e o restante das situações de RLs que não foram abrangidas, poderiam ser avaliadas para verificar sua possibilidade em preencher

as lacunas de conectividade observadas. Isso porque, verificou-se escassez de áreas de UCPIs e risco de isolamento dessas áreas no local estudado. Dessa forma, as áreas de UCUS desconsideradas podem ser analisadas em estudos futuros indicando se há necessidade de recategorização ou otimização dessas áreas protegidas. E além disso, as RLs que não possuem seu limite definido, devido à supressão da vegetação ou por apresentar passivos ambientais e solicitaram adesão ao PRA, o planejamento da sua localização pode ser associado ao incremento da conectividade da região estudada.

Portanto, espera-se que esse trabalho tenha contribuído para apontar que o “caminho do meio” pode ser através da otimização dos instrumentos de delimitação de áreas protegidas e seu planejamento tendo em vista conservar os processos ecológicos da paisagem. Aliado à presença de produtores rurais, pois conforme foi apresentado, as áreas de RL são imprescindíveis para a conectividade e essas regiões estão diretamente relacionadas a presença de imóveis rurais. Além disso, o incremento da produtividade agropecuária pode se dissociar à expansão da fronteira agrícola tendo em vista seu histórico industrial e uso intensivo de tecnologias que permitem manter o crescimento do setor sem que seja necessário avançar a conversão de áreas de vegetação nativa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAENSEN, F. *et al.* The application of “least-cost” modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, v. 64, n. 4, p. 233–247, 2003.

ANDRADE, Manoel., IANDANZA, Enaile. Unidades de conservação no brasil: algumas considerações e desafios. *Revista de Extensão e estudos Rurais (REVER)*, v. 5, n. 1, p. 81–96, 2016.

ANANTHARAMAN R., HALL K., SHAH B. V., EDELMAN A. Circuitscape in Julia: High Performance Connectivity Modelling to Support Conservation Decisions. *The Open Journal.[S.I.] Proceedings of the JuliaCon Conferences*. 58 p. 2020.

AQUINO, G. Fernanda. *et al.* Sustentabilidade no Bioma Cerrado: visão geral e desafios. p.23-32. *In: Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável*. PARRON, M. Lucília *et al.* Planatina-DF: Embrapa Cerrados. 464p. 2008.

BARBALHO, Maria Gonçalves da Silva, SILVA, Sandro Dutra e GIUSTINA, Carlos Christian Della. Avaliação temporal do perfil da vegetação da microrregião de cereais através do uso de métricas de paisagem. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 35, p. 472–487, Dez 2015.

BARBOSA, Altair Sales e ARAÚJO, Luciane Martins De. Pré-História do Cerrado. *Eliseé Rev. Geo. UEG*, v. 9, 2020.

BARRETO, G. Cristiane; DRUMMOND, A. L. José. Strategic planning in Brazilian protected areas: uses and adjustments, *Journal Of Environmental Management*, 200, 79-87, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.064>.

BEIER, Paul e NOSS, Reed F. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? *Conservation Biology*. [S.l: s.n.], 1998.

BERTRAN, Paulo. História da terra e do homem no planalto central - eco-história do distrito federal no indígena ao colonizador. [S.l: s.n.], 2011.

BIANCHI, Carlos A. e HAIG, Susan M. Deforestation trends of tropical dry forests in Central Brazil. *Biotropica*, v. 45, n. 3, p. 395–400, Maio 2013.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 - Constituição (1988). Brasília, 05 out. 496 p. Acesso em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>

BRASIL. Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5758.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5758.htm)>. Acesso em 02 fev. 2020.

BRASIL. Lei No 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, 25 mai. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em 02 fev. 2020.

BRASIL. Lei No 9.985, 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Brasília, 18 jul. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em 02 fev. 2020.

CANUTO, A. Agronegócio: a modernização conservadora que gera exclusão pela produtividade. Revista NERA, Pres. Prudente. n. 5, p. 1-12. 2004.

CARRANZA, Tharsila *et al.* Protected area effectiveness in reducing conversion in a rapidly vanishing ecosystem: The Brazilian Cerrado. Conservation Letters, v. 7, n. 3, p. 216–223, 2014.

CARVALHO, Fábio M.V. e DE MARCO, Paulo e FERREIRA, Laerte G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. Biological Conservation, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031>>.

CEPEA e CNA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada e Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária. PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2023. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Atlas do Distrito Federal. org.: Kássia Batista de Castro, Larissa Ane de Sousa Lima. Cap 1,2,3. 150 p. 2020.

COSTA, Jorge Luis Paes de Oliveira. Caracterização geral dos sistemas de classificação da vegetação no Brasil. 2012. Monografia – Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/329786382>>.

COUTINHO, M. Leopoldo. Biomas Brasileiros. [S.l.]: oficina de textos, 2016. p. 17–35.

\_\_\_\_\_. O conceito de bioma. Acta botânica brasílica. 20(1) p. 13-23. 2006.

CUNHA, Héliida Ferreira e FERREIRA; ACHTSCHIN, Anamaria e BRANDÃO, Divino. Composição e fragmentação do Cerrado em Goiás usando Sistema de Informação Geográfica (SIG). Boletim Goiano de Geografia, v. 27, n. 2, p. 139–152, 2007.

CUNHA, M. C., MAGALHÃES, S. B., ADAMS, C. Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil: contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças. São Paulo-SP: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2021. v. 7. Disponível em: <<http://portal.sbpcnet.org.br/livro/povostradicionais7.pdf>>.

DAVIS, John H.; GOLDBERG, Ray A. A Concept of Agribusiness. Boston: Harvard University Graduate School of Business Administration, 1957.

DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola *et al.* Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no cerrado. Oecologia Brasiliensis, v. 13, n. 3, p. 470–497, 2009.

DRUMMOND, José Augusto e FRANCO, José Luiz de Andrade e DE OLIVEIRA, Daniela. Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil. Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas. [S.l.: s.n.], 2010. p. 341–386.

- DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; NINIS, A. B. O estado das áreas protegidas do Brasil, 2005. Brasília: Observatório de Unidades de Conservação, CDS/UnB, 2006.
- ETHERINGTON, R. Thomas e HOLLAND, E. Penelope. Least-cost path length versus accumulated-cost as connectivity measures. *Landscape Ecology*, v. 28, n. 7, p. 1223–1229, 2013.
- FAHRIG, Lenore. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. [S.l.]: Annual Reviews Inc. , 2003
- FAHRIG, Lenore *et al.* Is habitat fragmentation bad for biodiversity? *Biological Conservation*. [S.l.]: Elsevier Ltd. , 1 Fev 2019
- FAOSTAT. Food and agriculture data, Suite of Food Security Indicators. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS/>>. Acesso em: 02 de fevereiro 2020.
- FERNANDES, Geraldo Wilson *et al.* Cerrado: em busca de soluções sustentáveis. 1. ed. Rio de Janeiro: Vertente produções artísticas, 2016. v. 1.
- FLETCHER, Robert J. *et al.* Is habitat fragmentation good for biodiversity? *Biological Conservation*, v. 226, n. July, p. 9–15, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.022>>.
- FONSECA, Gustavo Alberto Bouchardet e MACHADO, Ricardo Bomfim e PRADO, Alexandre Curvelo de Almeida. A Falta de Investimentos como Ameaça à Integridade do Cerrado. *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. [S.l: s.n.], 2008. p. 637–684.
- GANEM, Roseli Senna e DRUMMOND, José Augusto e FRANCO, José Luiz De Andrade. Conservation polices and control of habitat fragmentation in the brazilian cerrado biome. *Ambiente e Sociedade*, v. 16, n. 3, p. 99–118, 2013.
- GIUSTINA, Carlos Christian Della. Degradação e conservação do cerrado: uma história ambiental do estado de Goiás. 2013. 1–211 f. Brasília, 2013.
- GUÉNEAU S. *et al.* Cadeias de produtos da sociobiodiversidade como opção de desenvolvimento sustentável no cerrado: o desafio da comercialização. In: *Alternativas para o bioma Cerrado – agroextrativismo e uso sustentável da sociobiodiversidade*. Brasília: IEB Mil Folhas. 2019.
- HADDAD, Marcos Bittar e PASTRE, Rafael. O Centro-Oeste brasileiro e suas transformações econômicas de 1970 a 2012. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*, v. 3, n. 2, p. 033, 8 Abr 2016.
- HADDAD, Nick M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth’s ecosystems. *Science Advances*, v. 1, n. 2, 1 Mar 2015.

HILTY, Jodi A. e LIDICKER, William Z. e MERENLENDER, Adina M. Corridor Ecology - the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Washington DC: IslandPress, 2006.

HILTY, J., WORBOYS, G.L., KEELEY, A., WOODLEY, S., LAUSCHE, B., LOCKE, H., CARR, M., PULSFORD I., PITTOCK, J., WHITE, J.W., THEOBALD, D.M., LEVINE, J., REULING, M., WATSON, J.E.M., AMENT, R., AND TABOR, G.M.. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30. Gland, Switzerland: IUCN. 2020.

IBARRA-MACIAS, Ana e ROBINSON, W. Douglas e GAINES, Michael S. Forest corridors facilitate movement of tropical forest birds after experimental translocations in a fragmented Neotropical landscape in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, v. 27, n. 5, p. 547–556, 2 Ago 2011.

IBGE. 1o Workshop sobre representação de biomas - relatório técnico. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 2018.

\_\_\_\_\_. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil - série relatórios periódicos. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], v. 45. 2019a.

\_\_\_\_\_. CENSO Agropecuário 2017 - resultado definitivo. Rio de Janeiro-RJ: [s.n.], 2019b.

\_\_\_\_\_. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, v. 1. 1992.

\_\_\_\_\_. Manual Técnico da vegetação brasileira. 2a ed. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], v. 2. 2012.

\_\_\_\_\_. Sinopse do Censo Demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=249230>>.

\_\_\_\_\_. Veredas de Brasília - as expedições geográficas em busca de um sonho. 1. ed. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - IBGE, 2010b.

IMB - Instituto Mauro Borges de estatística e estudos Socioeconômicos. Atlas do Estado de Goiás. Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) – Governo do estado de Goiás. Goiânia. 118p. 2021.

\_\_\_\_\_. Goiás: visão geral. Secretaria de estado gestão e planejamento (SEGPLAN) - Governo do estado de Goiás. 25 p. 2018.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Introdução à ciência da geoinformação. org: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis, Antônio Miguel Vieira Monteiro. São José dos Campos: 2001. <<http://www.dpi.inpe.br/DPI/livros/capa-livros/>>

\_\_\_\_\_. Coordenação Geral de Observação da Terra. PRODES – Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/cerrado>>

IPAM, ISPN, Rede Cerrado. Aplicativo Tô no mapa. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://tonomapa.org.br/>>.

KLINK, Carlos a. e MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, p. 147–155, 2005.

LANDEIRO, Victor Lemes. *Introdução ao uso do programa R*. [S.l: s.n.], 2011.

LOPES, R. Helena, GURGEL, M. Aline, de MELO, C. Luiza. *Vivendo em territórios contaminados: um dossiê sobre agrotóxicos nas águas de Cerrado*. Org: Mariana Pontes, Joice Bonfim, Valéria Pereira. Santos: Palmas – APATO. 2023.

LAPOLA, David M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*. [S.l: s.n.], Jan 2014

MACARTHUR, R. H., e WILSON, E. O. (1963). An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. *Evolution*, 17(4), 373–387. <<https://doi.org/10.2307/2407089>>

MACHADO, Ricardo B. *et al.* Integrando padrões e processos para planejar sistemas regionais de unidades de conservação. *Megadiversidade*, v. 5, 2009. Disponível em: <[http://www.conservation.org.br/publicacoes/files\\_mega5/Megadiversidade\\_desafios\\_cientificos.pdf#page=56](http://www.conservation.org.br/publicacoes/files_mega5/Megadiversidade_desafios_cientificos.pdf#page=56)>.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Projeções do agronegócio - Brasil 2019/20 a 2029/30 - Projeções de Longo Prazo*. 11 ed. Brasília: MAPA. 2020

METZGER, Jean Paul *et al.* Why Brazil needs its Legal Reserves. *Perspectives in Ecology and Conservation*, p. in press, 2019.

McRAE B., SHAH V., MOHAPATRA T. *Circuitscape 4 User Guide*. The Nature Conservancy. 2014. <[https://circuitscape.org/downloads/circuitscape\\_4\\_0.pdf](https://circuitscape.org/downloads/circuitscape_4_0.pdf)>

McRAE, B.H., B.G. DICKSON, T.H. KEITT, and V.B. SHAH. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. *Ecology* 10: 2712-2724

MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Corredores Ecológicos – iniciativa brasileira no contexto continental*. Documento de Trabalho. Brasília. 2016.

\_\_\_\_\_. *Apostila - Curso a distância sobre o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) - Módulo 01*. [S.l.]: IPAM, GIZ, LifeWeb, MMA, 2022a.

\_\_\_\_\_. *Apostila - Curso a distância sobre o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) - Módulo 02*. [S.l.]: IPAM, GIZ, LifeWeb, MMA, 2022b.

\_\_\_\_\_. *Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado: projeto TerraClass Cerrado 2013*. Brasília-DF: MMA, 2015. v. 1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/index.php?mais=1>>

\_\_\_\_\_. *Cadastro Nacional de Unidades de Conservação do Brasil – CNUC. Dados Consolidados: tabela consolidada das Unidades de Conservação e Unidades de Conservação por Bioma*. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYjBiYzFiMWMtZTNkMS00ODk0LWI1OGIMDQ0NmUzNTQ4NzE4IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBINyJ9>>

MS – Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA). Acesso em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>>

OLIVEIRA, B. Gustavo. O Novo Código Florestal e a Reserva Legal do Cerrado. UnB - Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Dissertação, 141 p. Brasília-DF. 2015.

OLIVEIRA-COSTA, L. P. Jorge. Caracterização geral dos sistemas de classificação da vegetação no Brasil. Universidade Federal do Piauí (UFPI): Departamento de geografia e história (DGH) – Monografia, 106 p. Teresina-PI. 2012

PARKS, Sean A., MCKELVEY, Kevin S., SCHWARTZ, Michael K. Effects of Weighting Schemes on the Identification of Wildlife Corridors Generated with Least-Cost Methods. *Conservation Biology*, v. 27, n. 1, p. 145–154, 2013.

PICOLI, R. L. Sistema nacional de unidades de conservação: o que investimos e o que queremos investir garantem a conservação dos benefícios sociais disponibilizados pela nossa biodiversidade?. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). UnB – Departamento de Economia. 109 p. 2011.

PINHEIRO, MHO e MONTEIRO, R. Contribution to the discussions on the origin of the cerrado biome: Brazilian savanna. *Braz. J. Biol.*, v. 70, n. 1, p. 95–102, 2010.

POMPEU, J. ASSIS, T. O., OMETTO, J. P. Landscape changes in the Cerrado: Challenges of land clearing, fragmentation and land tenure for biological conservation. *Science of the total environment*. v. 906. 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723062083>>

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 8 da Série Anual de mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/infograficos>>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2011. <<https://www.r-project.org/>>

R CORE TEAM. An Introduction to R. Acessado em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.html>>

RESENDE, Fernando M. *et al.* Consequences of delaying actions for safeguarding ecosystem services in the Brazilian Cerrado. *Biological Conservation*, v. 234, p. 90–99, 1 Jun 2019.

REYERS, B. *et al.* A multicriteria approach to reserve selection: Addressing long-term biodiversity maintenance. *Biodiversity and Conservation*, v. 11, n. 5, p. 769–793, 2002.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. (Org.). Cerrado: ecologia e flora. Embrapa, 2008. v. 1. p. 89–166.

- RIBEIRO, José Felipe e WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Cerrado: ambiente e flora. [S.l.]: Embrapa Cerrados, 1998.
- RICARDIO, L. A modernização conservadora da agricultura brasileira, agricultura familiar, agroecologia e pluriatividade: diferentes óticas de entendimento e de construção do espaço rural brasileiro. Cuadernos de Desarrollo Rural, v. 8, n. 67, p. 231-249. 2011.
- ROCHA, Ednaldo Cândido *et al.* Effects of habitat fragmentation on the persistence of medium and large mammal. Biota Neotropica, v. 18, n. 3, p. 1–9, 2018.
- RODRIGUES, A.S.L., GREGORY, R.D., GASTON K.J. Robustness of reserve selection procedures under temporal species turnover. Proceedings of the Royal Society London, Series B 267: 49–55. 2000.
- ROITMAN, Iris *et al.* Rural Environmental Registry: An innovative model for land-use and environmental policies. Land Use Policy, v. 76, p. 95–102, 1 Jul 2018.
- RSTUDIO. Site R-Studio – RTT R-Tools Technology. Página inicial. Acesso em 02 de fevereiro de 2020. Disponível em <<https://www.r-studio.com/pt/>>
- SAMBUICHI, R. H. R. *et al.*, Sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. Texto para discussão, n. 2305. Ipea, 2017.
- SANTOS, M., GLASS, V. Atlas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Boll, 2018.
- SANTOS, N. E., ALVES, T. E. S. Avaliação do Corredor Ecológico Paranã Pirineus como Estratégia de Conservação no Brasil Central. UnB - IG/IB/IQ/FACE/ECO/CDS. Trabalho de Conclusão de Curso. 2023.
- SANTOS, V. D. *et al.* Connectivity and strategic opportunity to promote the establishment of private-owned protected areas in the Atlantic Forest (Serra do Mar and Bahia regions). Journal for Nature Conservation, v. 66. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161713812200022X>>. 2022
- SAWYER, Donald. Perfil do Ecossistema: hotspot de biodiversidade do cerrado - relatório completo. 1. ed. Brasília: Supernova, 2017. v. 1.
- SBF - Serviço Florestal Brasileiro. CAR - Boletim Informativo - Edição especial. Serviço Florestal Brasileiro (SBF). [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/servico-florestal-brasileiro/regularizacao-ambiental/boletins-informativos-car>>. 2018.
- SBF, IBAMA, MMA - Serviço Florestal Brasileiro, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente. CAR - Orientações Básicas.[S.l: s.n.]. , 2014.
- SBF, MAPA, GIZ - Serviço Florestal Brasileiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. CAR - Boletim informativo. [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/servico-florestal-brasileiro/regularizacao-ambiental/boletins-informativos-car>>. 2018.

br/composicao/servico-florestal-brasileiro/regularizacao-ambiental/boletins-informativos-car >. 2021.

SBF, MAPA, GIZ - Serviço Florestal Brasileiro, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. CAR - Boletim Informativo - Edição Especial. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/servico-florestal-brasileiro/regularizacao-ambiental/boletins-informativos-car>>. 2020.

SBF e MMA - Serviço Florestal Brasileiro e Ministério do Meio Ambiente. CAR - Boletim Informativo - 2 anos - Estados. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/servico-florestal-brasileiro/regularizacao-ambiental/boletins-informativos-car>>. 2016a.

SFB e MMA. - Serviço Florestal Brasileiro e Ministério do Meio Ambiente. CAR Módulo de cadastro - manual do usuário. 142p. Brasília-DF, Rio de Janeiro-RJ: [s.n.]. Disponível em <<https://car.gov.br/manuais/ManualCAR.pdf>>. 2016b.

SiCAR. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Site Cadastro Ambiental Rural (CAR). Baixar Módulo de Cadastro. Acesso em 02 de fevereiro 2020. Disponível em: <<https://www.car.gov.br/#/baixar>>

SILVA, MARQUES, SAMBUICHI. Mudanças no código florestal brasileiro – desafios para a implementação da nova lei. Rio de Janeiro: Ipea, 359 p. 2016.

SILVA, D. Sandro, BARBOSA, S. Altair. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. Estudos Ibero-Americanos, v. 46, n. 1, 2020.

SILVA, J. G. A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1982.

SIQUEIRA, C. F. A.; NOGUEIRA, J. M. O Novo Código Florestal e A Reserva Legal: do preservacionismo desumano ao conservacionismo politicamente correto. 2004, Cuiabá: SOBER, 2004

SOARES, H. V., A questão agrária brasileira nas obras de Ignácio Rangel e Milton Santos e a fronteira agrícola do Cerrado: as possibilidades de debate e interlocução. História Econômica & História de Empresas, v. 26, n. 1, p. 208-234. 2023

SPAROVEK, Gerd *et al.* Who owns Brazilian lands? Land Use Policy, v. 87, 1 Set 2019.

TAYLOR, P. D., FAHRIG, L., HENEIN, K., & MERRIAM, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571–571. <https://doi.org/10.2307/3544927>

TAYLOR, P. D. *et al.* Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571–571. 1993. <<https://doi.org/10.2307/3544927>>

TISCHENDORF, Lutz e FAHRIG, Lenore. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, v. 90, n. 1, p. 7–19, 2000.

VELOSO, Henrique Pimenta. *et al.* Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. [S.l.]: Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VIEIRA, E. R. F. José, FISHLOW, A. Agricultura e indústria no Brasil : inovação e competitividade. 305 p. Brasília: Ipea. 2017.

WATTS, Kevin *et al.* Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: An approach based on generic focal species and least-cost networks. *Landscape Ecology*, v. 25, n. 9, p. 1305–1318, 2010.

WILSON, Maxwell C. *et al.* Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecology*, v. 31, n. 2, p. 219–227, 2016.

ZIMBRES, Bárbara de Queiroz Carvalho. Áreas de Preservação Permanente como corredores ecológicos para a fauna de mamíferos de médio e grande porte no sul da Amazônia. 2016. 119 f. f. Tese – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2016.