



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – IH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – GEA**

**MÉTRICAS DE PAISAGEM COMO DETERMINANTES DE CORREDORES
ECOLÓGICOS: O CASO DA CHAPADA DOS VEADEIROS.**

Fernanda de Figueiredo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Roberto A. T. Gomes

Co-Orientador: Prof. Dr. Ricardo B. Machado

BRASÍLIA-DF

2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**MÉTRICAS DA PAISAGEM COMO DETERMINANTES DE CORREDORES
ECOLÓGICOS: O CASO DA CHAPADA DOS VEADEIROS**

Fernanda de Figueiredo Ribeiro

Monografia de final de curso submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de bacharel em Geografia.

Aprovado por:

Roberto A. T. Gomes, Doutor (Universidade de Brasília – UnB)
(Orientador)

Ricardo B. Machado, Doutor (Universidade de Brasília – UnB)
(Co-Orientador)

Renato Fontes Guimarães, Doutor (Universidade de Brasília – UnB)
(Examinador Interno)

Leandro Cláudio Baumgarten, Doutor (The Nature Conservancy – TNC)
(Examinador Externo)

Brasília-DF, Fevereiro de 2013.



RIBEIRO, FERNANDA DE FIGUEIREDO

Métricas da paisagem como determinantes de corredores ecológicos: o caso da Chapada dos Veadeiros.

Monografia de final de curso - Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

1. Cerrado
 2. Corredor Ecológico
 3. Ecologia de Paisagens
 4. Métricas da Paisagem
 5. Sistema de Informações Geográficas – SIG
 6. Unidades de Conservação
- I. UnB-GEA.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Fernanda de Figueiredo Ribeiro



*À vovó Lourdes e ao vovô Alaor,
por todo carinho e amizade, e a saudade que deixaram.*



AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Andréa e Mauro, que sem a sabedoria de um e a determinação de outro, este trabalho teria sido muito mais complicado! Agradeço aos dois, ao meu irmão, Roberto, por todo carinho, ensinamentos e ao apoio de sempre.

Ao meu avô Wilson, pelo exemplo profissional e ensinamentos de vida em que pilhas de jornais significam muito mais do que ácaros e poeira! E por todo apoio e incentivo à leitura e ao estudo, que sempre tive.

Ao meu namorado, Gabriel, que faz diferentes papéis de melhor amigo, *lover* e companheiro em um só... fez também desta monografia, do meu engajamento no meio conservacionista ambiental e da minha vida, um ambiente muito mais divertido e leve!

Aos colegas de trabalho do LABIO pela ótima recepção e incentivo, e principalmente à Tatá, por toda ajuda e dedicação para realizar este trabalho.. sem você isto jamais teria saído à tempo e do jeito que eu queria!

Ao professor e amigo Roberto Gomes, por ter me inserido no estudo Ecologia de Paisagens e no Geoprocessamento, e por ter me mostrado o caminho para onde seguir. Por todas as conversas, ensinamentos e oportunidades que tive! Ao professor Ricardo Machado (Pacheco), por todo ensinamento e sabedoria que vêm me passando nesses últimos meses, e por ter aceitado entrar nesse trabalho de última hora! Obrigado aos dois por, principalmente, terem acreditado em mim e neste trabalho!

Aos meus antigos colegas de trabalho da WWF, Maga, Sidão, Paulinha, Mariana, e principalmente ao Mario, por todo ensinamento passado, pelo incentivo, por ter me inserido ainda mais no meio conservacionista do cerrado, e por acreditar em mim!

Aos meus ex-colegas de trabalho da ANA, Marcus, Marlon, Humberto, Felipe e Daniel pelos ensinamentos em SIG e cartografia, e pelos momentos mais divertidos de estágio; e principalmente ao Márcio e à Simone por todo ensinamento de vida, profissional e musical, e por sempre terem acreditado no meu potencial!

Aos meus queridos amigos que também fazem parte da família geográfica: Elissa, Nathy, Bisteka, Baiano, Molina, Thiga, Luana Sereia, Quelzinha, Nai, Ju, Vini, Paulinho, Victor, Vitor-slave, Jonathan (jojo), Hugo, Rebeca, Dj, Marcinha, Felix, Dé, Agnes, Aline-não-fique-presa-no-Isie, Aline Menke, Batatinha, Marc, Igor.. por todas as viagens à Bahia e ENG, por todo apoio, amizade, carinho, momentos felizes e musicais, festas, histórias, churrascos.. Melhores momentos, impossíveis!!

Ao Jeremie, pelos conselhos acadêmicos e cafezinhos no meio da tarde.

Aos meus amigos Yurizito, Camillinha e Saulo, por todo incentivo, apoio, conversas, conselhos e determinação para juntos conservarmos o Cerrado.

À Jojo, e à minha prima Juggy, que apesar de estarem longe sempre estão por perto quando eu preciso!

Muito Obrigada!!



SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Tabelas.....	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	14
1. Introdução.....	15
2. Área de Estudo.....	17
3. Fundamentação Teórica.....	21
3.1. O Bioma Cerrado e suas características na área de estudo.....	21
3.2. Ecologia da Paisagem.....	23
3.3. Fragmentação da Paisagem.....	25
3.4. Corredores Ecológicos.....	28
4. Metodologia.....	30
4.1. Dados Utilizados.....	30
4.2. Pré-processamento.....	30
4.3. Apresentação e validação das métricas para cada tipo de formação.....	32
4.4. Análise de Componentes Principais (PCA)	33
4.5. Proposição de corredores ecológicos.....	35
5. Resultados e Discussões.....	37
5.1. Apresentação das métricas de paisagem.....	37
5.2. Seleção das métricas e dos fragmentos para composição dos corredores ecológicos para cada tipo de formação.....	43
5.2.1. Formação Campestre.....	47
5.2.2. Formação Savânica.....	52
5.2.3. Formação Florestal.....	57
5.3. Proposta de Corredores Ecológicos.....	63
6. Considerações Finais.....	68
7. Referências Bibliográficas.....	69



LISTA DE TABELA

	Pág.
Tabela 1. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação campestre.....	43
Tabela 2. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação savânica.....	44
Tabela 3. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação florestal.....	45
Tabela 4. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação campestre, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as percentagens da variância de cada eixo.....	47
Tabela 5. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação savânica, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as percentagens da variância de cada eixo.....	53
Tabela 6. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação florestal, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as percentagens da variância de cada eixo.....	58



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	17
Figura 2. Mapa de área de estudo separado pelas classes fitofisionômicas: campo, savana e floresta; e uso antrópico.....	30
Figura 3. Mapa dos hexágonos mais expressivos e com índice de diversidade maior que 0.71.....	35
Figura 4. <i>BoxPlot</i> dos valores obtidos para a métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de <i>outliers</i> (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).....	37
Figura 5. <i>BoxPlot</i> dos valores obtidos para a métrica “índice de forma dos fragmentos” (AWMSI), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de <i>outliers</i> (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).....	38
Figura 6. <i>BoxPlot</i> dos valores obtidos para a métrica “densidade de borda dos fragmentos” (Ed), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de <i>outliers</i> (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).....	39
Figura 7. <i>BoxPlot</i> dos valores obtidos para a métrica “distância do vizinho mais próximo” (Mnn), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de <i>outliers</i> (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).....	40
Figura 8. <i>BoxPlot</i> dos valores obtidos para a métrica “percentagem da paisagem para cada tipo de formação vegetal” (Land), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de <i>outliers</i> (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).....	41



Figura 9. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “número de fragmentos” (Nump), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes)..... 41

Figura 10. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “área dos fragmentos” (Tla), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes)..... 42

Figura 11. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação campestre..... 43

Figura 12. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação savânica..... 44

Figura 13. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação florestal..... 45

Figura 14. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação campestre..... 47

Figura 15. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) considerando a formação campestre..... 48

Figura 16. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps) de acordo com a formação campestre, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 49

Figura 17. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “forma dos fragmentos” (awmsi) de acordo com a formação campestre, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 49



Figura 18. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “densidade de borda” (Ed) dos fragmentos campestres, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 50

Figura 19. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “distância média do fragmento vizinho mais próximo” (Mnn), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 50

Figura 20. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “percentagem total da paisagem” (Land) ocupada por formação campestre, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 51

Figura 21. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação savânica..... 53

Figura 22. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) considerando a formação savânica..... 54

Figura 23. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps) de acordo com a formação savânica, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 55

Figura 24. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “forma dos fragmentos” (awmsi) para a formação savânica, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes,



ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 55

Figura 25. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “densidade de borda” (Ed) dos fragmentos savânicos, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 56

Figura 26. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “percentagem total da paisagem” (Land) ocupada pela formação savânica, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 56

Figura 27. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação florestal..... 59

Figura 28. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) considerando a formação florestal..... 59

Figura 29. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps) da formação florestal, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 60

Figura 30. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “forma dos fragmentos” (awmsi) para a formação florestal, apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes)..... 61

Figura 31. Mapa de hexágonos preferenciais de acordo com as métricas selecionadas para cada tipo de formação: campo, savana e floresta..... 62



Figura 32. Mapa com os hexágonos preferenciais cruzados com o índice de diversidade de <i>Shannon</i> maior que 0.71.....	63
Figura 33. Propostas de caminhos de corredores ecológicos tendo em vista espécies de ambientes fechados e semi-fechados (floresta/mata e savana).....	64
Figura 34. Propostas de caminhos para corredores ecológicos tendo em vista espécies de ambientes abertos (campo).....	65
Figura 35. Mapa com os caminhos de corredores ecológicos preferenciais para espécies de ambientes abertos, fechados e semi-fechados.....	67



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

PARNA – Parque Nacional

PCA – Principal Components Analysis / Análise de Componentes Principais

PNCV – Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros

RNST – Reserva Natural Serra do Tombador

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SPOT – *Satellite Pour l'Observation de la Terre*

TNC – The Nature Conservancy

UC – Unidades de Conservação

UNESCO – Programa das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a
Cultura



RESUMO

O avanço da fronteira agrícola no bioma Cerrado já comprometeu cerca de 49% de sua área total nas últimas décadas, convertida para atividades antrópicas. A região Nordeste do estado de Goiás apresenta uma das maiores e mais preservadas áreas de Cerrado, com presença de diversas Unidades de Conservação – UCs. Dentre elas se destacam na região o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – PNCV e a RPPN Reserva Natural Serra do Tombador – RNST, que é a maior reserva privada localizada em Goiás, e a quarta maior presente no bioma Cerrado. Uma das consequências mais sérias causada pelo uso antrópico é a fragmentação de habitat, que está se tornando cada vez mais frequente nos ambientes, principalmente no bioma Cerrado. Com o auxílio de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e do método estatístico Análise de Componentes Principais (PCA), o presente estudo teve como objetivo propor corredores ecológicos entre as duas UCs citadas. O trabalho teve como base o estudo de métricas da paisagem cruzadas com o índice de diversidade de *Shannon*, visando identificar corredores de menor distância possível entre as unidades consideradas. Dois cenários foram gerados considerando espécies de ambientes abertos (formação campestre) e ambientes fechados e semifechados (formação florestal e savânica), sendo cada um deles composto por dois caminhos possíveis. Os caminhos priorizaram as unidades de planejamento com maior conectividade, maior diversidade de ambientes naturais e menor distância entre as UCs.

Palavras-chave: métricas da paisagem, SIG, PCA, Corredor ecológico, Cerrado.



ABSTRACT

The advance of the agricultural frontier in the *Cerrado* biome (the Brazilian savanna) has already committed about 49% of its total area in recent decades, being converted to human activities. The Northeast region of *Goiás* state is one of the largest and best-preserved areas in the *Cerrado*, with the presence of several protected areas. Among them highlighted areas are the region of the *Chapada dos Veadeiros* National Park – PNCV and the Natural Reserve of *Serra Tombador* - RNST, which is the largest private reserve located in *Goiás* and the fourth largest in the *Cerrado*. One of the most serious consequences caused by human use is the habitat fragmentation, which is becoming increasingly common in many regions, including the *Cerrado* biome. By using a Geographic Information System (GIS) and a Principal Component Analysis (PCA), this study aimed to propose ecological corridors between the two existing protected areas. The work was based on an application of landscape metrics to calculate the Shannon diversity index in order to propose ecological corridors with the lowest cost possible. The results considered two scenarios: one considering mainly meadow environments and another considering mainly forest and savanna environments. Two possible pathways were identified to each scenario. The paths prioritized the planning units (hexagons) with the greatest connectivity and diversity, and the shortest distance between two protected areas

Key-words: landscape metrics, GIS, PCA, Ecological Corridors, *Cerrado*..



1. INTRODUÇÃO

A fragmentação da paisagem é um processo natural que pode ser causado por inúmeros distúrbios, dentre eles os incêndios naturais, inundações e ventos fortes. Tais fatores podem isolar uma parte do ecossistema, mesmo que temporariamente (Constantino et al., 2003; Wilcove, et al., 1986). Apesar disso, está sendo cada vez mais comum a fragmentação de paisagens pelo homem, que acarreta em uma fragmentação muito mais séria do que a natural, pois em geral a conectividade da vegetação é interrompida, comprometendo a integridade biológica das espécies (Forman, 2001).

Em detrimento ao acelerado crescimento da população e do conseqüente crescimento urbano, o homem está cada vez mais avançando e expandindo as fronteiras agrícolas. O setor econômico agropecuário se valorizou através do aumento da produção de alimentos, tanto de grãos quanto de animais, devido ao crescimento acelerado da população. Tendo em vista este cenário, a expansão do setor agropecuário tem o bioma Cerrado como um dos principais focos de expansão, e está cada vez mais fragmentando sua paisagem natural.

Teorias têm sido usadas na tentativa de melhor compreender essas paisagens fragmentadas, como a Teoria da Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1967) e, mais recentemente, a Teoria de Metapopulações (Hanski & Gilpin, 1997). Desta forma, é necessário compreender a estrutura da paisagem e a forma como ela influencia no ecossistema, sendo que esta relação se dá por meio de indicadores (métricas da paisagem), que são medidas quantitativas para caracterizar uma determinada região. Essas métricas são associadas aos três elementos que compõem a paisagem: matriz, mancha e corredores (Metzger, 2001). A matriz representa o ecossistema que exerce maior influência nos demais elementos (Forman, 2001). A mancha corresponde ao ecossistema que se encontra isolado de outra mancha com o mesmo tipo de ecossistema, sendo ambos inseridos na mesma matriz. Os corredores são elementos que visam promover a conectividade entre ecossistemas que possuem fragmentos isolados (Odum & Barrett, 2004). As métricas da paisagem têm auxiliado no desenvolvimento de corredores ecológicos e em diversas estratégias de conservação da natureza.



No Brasil, os corredores ecológicos estão previstos em lei, mas especificamente pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2000). Apesar do fato, não há uma proposta metodológica adequada para indicar locais mais interessantes para o estabelecimento de corredores. Apesar disso, o SNUC diz que os corredores ecológicos podem ser estabelecidos ao longo de Áreas de Preservação Permanentes (APP), localizadas às margens dos rios, e entre fragmentos de vegetação remanescentes ao longo da paisagem.

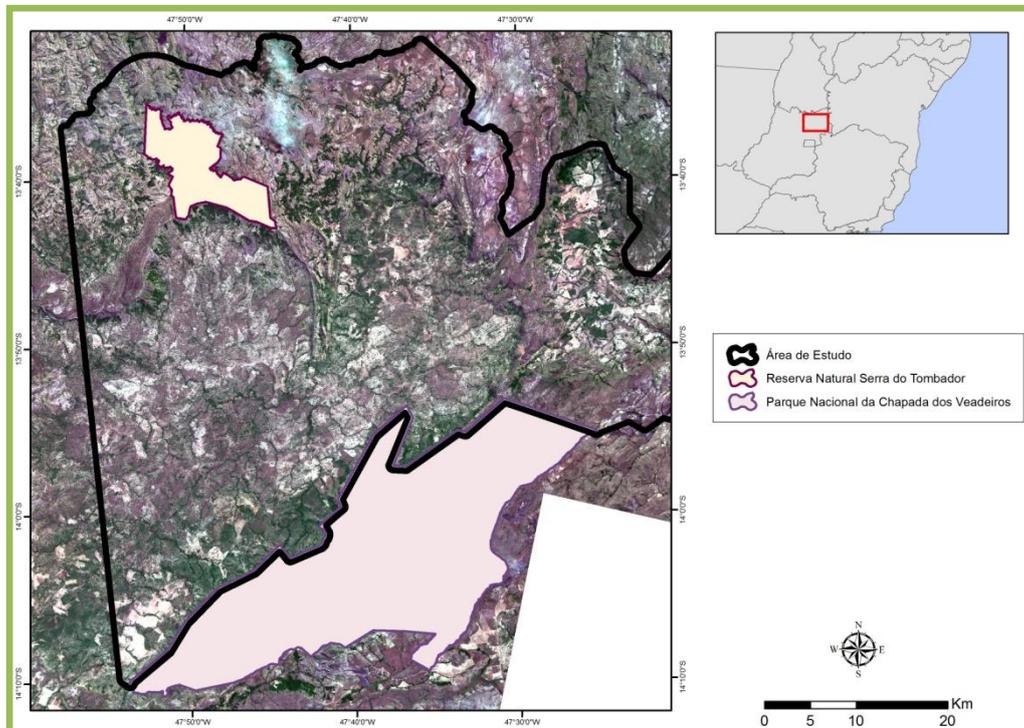
O presente estudo foi realizado na área que engloba a Reserva do Patrimônio Particular Natural (RPPN) Reserva Natural Serra do Tombador – RNST e o Parque Nacional (PARNA) da Chapada dos Veadeiros - PNCV, localizados principalmente no município de Cavalcante na região conhecida como Chapada dos Veadeiros, estado de Goiás. O trabalho teve como objetivo formar diferentes cenários de corredores ecológicos na região a partir do uso de métricas da paisagem em conjunção com um índice de diversidade de Shannon



2. ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo trata-se de uma descrição da área de estudo, que está localizada na região da Chapada dos Veadeiros e tem como limite norte a RPPN Serra do Tombador e limite sul o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, sendo este capítulo baseado nos seus respectivos Planos de Manejo.

A área de estudo envolve as unidades de conservação PARNA Chapada dos Veadeiros, localizado no município de Cavalcante e em uma parte de Alto Paraíso, e a RPPN Serra do Tombador apenas no município de Cavalcante. A distância entre elas é de 24 km em linha reta. O PARNA Chapada dos Veadeiros foi criado em 1961 e é considerado pela UNESCO um dos Patrimônios Naturais da Humanidade, que possui atualmente uma área de 65.514 ha. A RPPN Serra do Tombador, por sua vez, possui uma área de 8.700 ha e foi adquirida pela *The Nature Conservancy* – TNC, posteriormente doada em 2007 para a Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, atual proprietária da Reserva (Figura 1).





O clima da região da Chapada dos Veadeiros é caracterizado, segundo a classificação de *Koepen*, como um regime tropical semi-úmido do tipo Aw, caracterizado por verões quentes e chuvosos, e invernos frios e secos. Segundo o INMET, o período de seca é de Maio a Setembro, e o chuvoso de Outubro a Abril, sendo este marcado por um alto índice pluviométrico, caracterizando assim um clima tropical com duas estações bem definidas, típicas do bioma Cerrado. No parâmetro da temperatura, o mês considerado mais frio é o de Julho, com temperaturas mínimas chegando a 10°C; em contrapartida, o mês mais quente é o de Setembro, com a mínima em torno de 17°C e a máxima em torno de 36°C.

A Chapada dos Veadeiros está inserida na bacia hidrográfica do rio Tocantins que, apesar de seu tributário atravessar o bioma Amazônico, 76% de suas margens são recobertas por formações vegetais típicas do Cerrado. Dentro do estado de Goiás, o rio Tocantins passa por áreas com altitudes de 200 a 500 metros, porém suas cabeceiras estão localizadas a mais de 1000 metros de altitude. A região é também divisora de águas das bacias dos rios Paranã e Maranhão, sendo alimentada por aquíferos de pequeno porte, que são restritos ao substrato fraturado. Além disto, é drenada por solos rasos em terrenos metamórficos impermeáveis. As chuvas influenciam nas vazões dos rios devido à sua concentração em alguns meses. No período de seca, as drenagens chamadas de intermitentes (cursos d'água menores) tendem a secar, sendo que o volume de água das drenagens pode cair para menos de 20% em relação à época de chuva. Apesar disto, a estação chuvosa é marcada por chuvas torrenciais que muitas vezes provocam enchentes e elevam o nível da água dos córregos, podendo causar danos à vegetação das margens. Na área da RPPN destacam-se os tributários do rio São Félix, afluente da margem direita do rio Tocantins em seu alto curso, o rio Conceição, que ocupa o centro da área e o rio Santa Rita, localizado no limite norte da RPPN. A Serra do Tombador, localizada ao sul da RPPN, é divisora de águas da cabeceira do Córrego Areia e outros tributários do rio Claro, outro afluente do Tocantins.

No que diz respeito à geologia da região, o PARNA Chapada dos Veadeiros está inserido na porção norte da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos Brasília, localizado na Província Estrutural do Tocantins. A porção norte é predominantemente caracterizada por possuir rochas do complexo granito-gnáissico, correspondente ao



PNCV. A porção sul é formada por plataformas de metassedimentos relacionadas aos Grupos Arai e Paranoá afloradas na parte setentrional da Chapada, local em que a RPPN Serra do Tombador está inserida, caracterizada por uma paisagem acidentada, com altitude variando de 300m a 1670m.

Nos parâmetros da geomorfologia, segundo King (1956), a Chapada dos Veadeiros faz parte da superfície de aplainamento Sul-Americana, correspondente a mais antiga superfície de erosão da região, e é caracterizada pelo Planalto Central Goiano e Depressão de Tocantins. O Planalto Central Goiano é um centro dispersor de drenagem, e na região da Chapada dos Veadeiros é constituído de dois blocos planálticos limitados por escarpas e serras que seguem a orientação dos dobramentos, que constituem a unidade chamada de Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí. Nessa região é predominante o domínio de Neossolos, que se desenvolveram sobre os quartzitos associados ao Grupo Araí (Agma, 2005). Além disto, a morfologia é bastante movimentada devido aos efeitos tectônicos resultando em uma dissecação que reflete diretamente na presença desse tipo de solo subordinados ao cambissolo.

A maior parte da região é caracterizada por formações savânicas estacionais (cerrado *sensu stricto*, cerradão e cerrado ralo), localizadas sobre solos profundos e bem drenados. Associado a esse cenário, existem as áreas de formação florestal representadas por florestas mesofíticas perenifólias (Matas de galeria ou Matas ciliares) localizadas ao longo de cursos d'água. Estas são cercadas por savanas hiperestacionais (Campo úmido) nas encostas ou áreas permanentemente alagadas (Vereda). Já a formação campestre é marcada pelo Campo Sujo, caracterizado por herbáceas com presença de arbustos espaçados na paisagem; Campo Limpo, caracterizado por um estrato rasteiro predominante; e o Campo Rupestre, que apresenta uma composição herbácea/arbustiva, com alguns indivíduos arbóreos espaçados. Na área do PNCV nota-se a predominância de Cerrado Rupestre e Campo Rupestre associado às rochas expostas. Esta vegetação é considerada de extrema importância para a conservação devido à sua característica endêmica com altos índices de biodiversidade presente por área amostrada, caracterizando a importância para preservação e conservação da área.

As áreas antrópicas são caracterizadas na região principalmente por atividades agropecuárias, que geram diferentes tipos de efeitos negativos para o meio ambiente em



sua volta. O padrão marcado pelo cenário histórico da região no que diz respeito ao uso da terra do município de Cavalcante é basicamente voltado para a pastagem extensiva em áreas nativas de cerrado, sendo este o principal fator de fragmentação da vegetação na região.



3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O Bioma Cerrado e suas características na área de estudo

O bioma Cerrado é um dos maiores biomas brasileiros, com extensão de 204 milhões de hectares, ocupando 24% do território brasileiro (Embrapa Cerrados, 2012), destacando-se das demais savanas por sua alta biodiversidade (Sano e Almeida, 1998). O Cerrado é composto de um mosaico de diferentes fitofisionomias, as quais são agrupadas em três tipos de formações vegetacionais: campestre, savânica e florestal (Ribeiro & Walter, 1998). Seus diferentes tipos de vegetação são resultantes de uma diversidade de solos, topografia e climas diferenciados (Alho e Martins, 1995). Além disso, possui uma fauna exuberante e sua flora é considerada a de maior diversidade mundial dentre as savanas (Mittermeyer et al., 1999).

Apesar de possuir uma vasta riqueza, o Cerrado está sendo cada vez mais devastado pela ocupação humana, sendo seu principal vetor de conversão a agropecuária. Desta forma, o bioma é atualmente considerado um *hotspot* para a conservação de sua biodiversidade, possuindo um alto risco de ser reduzido a pequenos fragmentos de vegetação remanescente (Mittermeyer et al, 2000; Scariot et al, 2005). Ao longo de quatro décadas, mais da metade da paisagem natural do Cerrado foi modificada (Klink e Machado, 2005), o que acarreta em uma ameaça à sua biodiversidade, causando diversos fatores como a fragmentação e extinção de espécies (Conservation International et al. 1999 *apud* The Cerrados of Brazil).

Na região da Chapada dos Veadeiros o principal tipo de uso da terra é a agropecuária, com um maior destaque para as áreas de pastagem. Segundo o Plano de Manejo do PNCV, em 1970 as áreas de pastagem correspondiam a 85,18% das atividades agropecuárias da Chapada dos Veadeiros, sendo que as áreas de lavouras correspondiam a apenas 1,29%. Em 1995, após o município de Cavalcante ter se dividido em Cavalcante, Colinas do Sul e Teresina de Goiás, as áreas de pastagens naturais ainda predominavam na região com 57,13% das atividades, e as lavouras com 0,79%. Desta forma, pode-se dizer que a produção de Cavalcante é praticamente destinada ao autoconsumo e à subsistência da população, sendo que o mesmo cenário ocorre para o município de Alto Paraíso.



A região como um todo possui um predomínio da pecuária (66%) sobre a agricultura (4%), sendo que 11% da área total ocupada por estabelecimentos agropecuários não são aproveitáveis economicamente. O Censo Agropecuário de 2006 comprova a predominância da atividade pecuária em cada um dos municípios da região, sendo que a pastagem natural ocupa maior percentual de ocupação do espaço, 57% em Cavalcante e 61% em Teresina de Goiás (IBGE, 2006). Posteriormente temos a pastagem plantada e depois as lavouras permanentes, que ocupam menos de 1% da área total de cada município, sendo a grande maioria de agricultura familiar.

No período Colonial, o município de Cavalcante era sede de atividade mineradora através da extração do ouro. Posteriormente começou a exploração intensa de manganês, cuja atividade pode ser localizada ao lado do limite leste da Reserva Natural Serra do Tombador, nas cabeceiras do rio Santa Rita. A extração de manganês é uma atividade que requer bastante cuidado, pois seus resíduos podem contaminar o rio Santa Rita, afetando a qualidade de sua água e biota. Mais recentemente, outra atividade econômica que vem se desenvolvendo na região é o turismo, que gerou renda e emprego para grande parte da população, proporcionando uma melhora na qualidade de vida. Porém o turismo também pode gerar efeito contrário caso não houver as necessárias precauções, causando a pobreza e agravamento das desigualdades sociais. O aumento do custo de vida causado pela dinamização desta atividade e pelo aumento de número de turistas na época de chuva caracteriza a atividade turística na região como sazonal.

Dos aspectos culturais é relevante salientar a presença dos índios Avá-Canoeiros e da comunidade quilombola Kalunga na região da Chapada dos Veadeiros. A Terra Indígena dos Avá-Canoeiro possui uma área de 38.000 hectares localizada entre os municípios de Colinas do Sul e Minaçu – GO, na região do rio Tocantins. Já o Sítio Histórico Kalunga faz divisa com o estado de Tocantins e abrange uma área de 253 mil hectares nos municípios de Cavalcante, Monte alegre e Teresina de Goiás, sendo que seu rio principal é o rio Paranã, afluente do Tocantins. Existem quatro núcleos principais de população Kalunga presentes neste território de forma espaçada, que são denominados: Vão do Moleque, Vão de Almas, Ribeirão dos Bois e Engenho. A comunidade Kalunga hoje apresenta cerca de 6 mil pessoas, e seu território é composto por áreas de preservação consideradas estratégicas para conservação do bioma Cerrado,



e faz parte do Corredor Ecológico Paranã-Pirineus. (Plano de Manejo do PNCV; Plano de Manejo da RNST).

3.2. Ecologia de Paisagens

A Ecologia de Paisagens é uma área consideravelmente recente no meio acadêmico que possui duas abordagens: uma geográfica, que estuda a influência do homem em uma determinada paisagem e na gestão territorial; e outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos juntamente com sua importância em relação à conservação da biodiversidade (Metzger, 2001).

O termo “paisagem” foi utilizado pela primeira vez no âmbito científico, pelo geógrafo e naturalista alemão Alexander Von-Humboldt no início do século XIX. Ele a definiu como sendo “a característica total de uma região terrestre” (Metzger, 2001; Farina, 2006). O biogeógrafo Carl Troll, em 1939, definiu o termo “Ecologia de Paisagens” como “a entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem” (Metzger, 2001). Para Troll (1971), a “paisagem” possui um princípio de espacialidade e se preocupa em como o homem se relaciona nessa paisagem, buscando aplicações para solucionar problemas ambientais (Naveh & Lieberman, 1994; Turner, 2005).

Segundo Metzger (2001), esta abordagem possui uma conotação mais geográfica, que teve forte influência da geografia humana, da fitossociologia, da biogeografia e do planejamento regional. Apesar disso, o enfoque do conceito de paisagem se diferencia de acordo com o autor e sua área de estudo. Dentro da abordagem geográfica, há três pontos principais que caracterizam essa abordagem: planejamento da ocupação territorial através do estudo econômico de cada unidade da paisagem; “paisagens culturais” que são modificadas pelo homem (Tricart, 1979 *apud* Metzger, 2001); e análise de áreas amplas na escala macro, com enfoque espacial e temporal. A abordagem ecológica por sua vez, surgiu a partir de um workshop nos estados unidos em 1980, no qual segundo Metzger (2001): “ecólogos e biogeógrafos tinham como objetivo adaptar a Teoria de Biogeografia de Ilhas para o planejamento de



reservas naturais em ambientes continentais”. Esta adaptação acoplada posteriormente à teoria de metapopulações deu origem a essa nova abordagem que relaciona o efeito das paisagens fragmentadas em uma determinada população ou em seu ecossistema, podendo prever o melhor caminho para migração de indivíduos na paisagem e até riscos de extinção de uma população (Haila, 2002). Esta nova abordagem foi influenciada pela ecologia de ecossistemas, modelagem e análise espacial. Ela se beneficiou bastante do acesso mais fácil às imagens de satélite devido ao avanço no tratamento dessas imagens, o que facilitou as análises e resultados. A abordagem ecológica possui então uma maior ênfase em paisagens naturais aplicadas à conservação da biodiversidade e manejo dos recursos naturais (Metzger, 2001; Haila, 2002).

A Teoria de Biogeografia de Ilhas foi desenvolvida para ambientes oceânicos e se preocupa em explicar três relações: espécie/área, espécie/isolamento e retorno (*turn over*) das espécies. A teoria se baseia no equilíbrio dinâmico do número de espécies que habitam uma ilha, representado por taxas opostas de imigração e extinção. Ela possui duas diretrizes principais: uma diz que a probabilidade de uma espécie alcançar uma determinada ilha é inversamente proporcional à distância entre a ilha e o continente (ou mancha/fragmento remanescente), e também diretamente proporcional ao tamanho da ilha; a outra diz que a taxa de imigração e extinção é de acordo com o grau de isolamento e o tamanho da ilha, e que existe um retorno contínuo de espécies (*turn over*). A Teoria de Biogeografia de Ilhas foi então adaptada para áreas continentais, em que as ilhas são representadas por fragmentos de habitat adequado à espécie, o continente é representado pela mancha e o mar/oceano seria a área não apta (matriz). Assim, os autores chegaram à hipótese de que fragmentos maiores e mais próximos uns dos outros deverão suportar mais espécies do que fragmentos menores e mais isolados (MacArthur & Wilson, 1967).

A Teoria das Metapopulações foi proposta por Hanski e Gilpin em 1997, e se caracteriza por um grupo de populações, de diferentes tamanhos e em diferentes habitats, que possivelmente interagem entre si e possuem previsão de extinção. Para a conservação, essa teoria possibilita entender espécies ameaçadas em habitats fragmentados, sendo extremamente relevante para entender a importância da escala em ecologia de paisagens (Peck, 1998). Uma determinada população do interior de um



fragmento pode estar sendo extinta, porém há a possibilidade de ela estar colonizando outros fragmentos próximos, mantendo desta forma, populações dinâmicas – metapopulações (Hanski & Simberloff, 1997).

Segundo Metzger (2001), o principal ponto para análise da paisagem é reconhecer que o funcionamento de uma unidade depende das interações mantidas com as unidades vizinhas, caracterizando assim um caráter espacial de dependência entre as unidades da paisagem. Desta forma, a ecologia de paisagens possui capacidade de integrar as análises espaciais geográficas com a funcionalidade ecológica, podendo ser entendida como uma “ecologia de interações espaciais entre as unidades da paisagem”. Apesar da tentativa de vários autores em unificar os conceitos e suas principais abordagens visando construir um arcabouço teórico para a ecologia de paisagens (Metzger, 2001; Farina, 2006), isto tem se mostrado uma tarefa bastante complicada, pois a disciplina possui um caráter interdisciplinar, integrando diferentes pontos de vista (Bastian, 2001).

3.3. Fragmentação de Ecossistemas

A fragmentação é um processo em que uma área de tamanho considerável é transformada em fragmentos menores isolados entre si, dando origem a uma matriz diferente da original (Wilcove et. al., 1986). Segundo Forman (2001), a fragmentação pode ter uma origem natural ou antrópica, sendo esta mais impactante e com um maior efeito negativo na paisagem. O homem intensifica esse processo com uma maior rapidez no isolamento e de modo mais agressivo (por exemplo, através do desmatamento), o que tem aumentado o número de espécies ameaçadas (Primack, 2006).

Já a fragmentação natural tem sua origem nas características físicas do ambiente, tendo influência da topografia, da diferenciação do tipo de solo, do tipo de clima, sedimentação e processos hidrológicos. Esta fragmentação é considerada dinâmica, ocorrendo em um período de tempo mais longo do que a antrópica, fornecendo



condições para as espécies conseguirem se adaptar nos fragmentos sem sérias consequências (Constantino et. al., 2003). Em uma paisagem podemos encontrar tanto fragmentos antrópicos como naturais, que apesar de possuírem elementos diferentes, eles interagem entre si formando paisagens heterogêneas que constituem um mosaico na paisagem (Forman, 2001).

Um fragmento de vegetação remanescente é causado por uma perturbação difusa ao redor de uma pequena área (Forman e Godron, 1981). A parte que faz limite com o fragmento, conhecido como borda do fragmento, pode ter condições ambientais significativamente diferentes do interior do fragmento. Em alguns tipos de ecossistemas, como os florestais pode surgir um efeito de borda, que é na verdade uma diferença na composição das espécies e de suas abundâncias na borda do fragmento (Forman e Godron, 1981). Segundo Saunders e colaboradores (Saunders et al. 1991), quanto menor o fragmento, mais influência dos fatores externos ele irá sofrer, caracterizando a dinâmica dos fragmentos menores por forças externas ao invés de internas. O tamanho de um fragmento pode afetar diretamente na sobrevivência de espécies em seu interior, sendo assim um fator consideravelmente importante para a dinâmica populacional. A área efetiva do fragmento para algumas espécies pode ser ainda mais reduzida através do efeito de borda, assim a área total de uma mancha pode não necessariamente corresponder ao seu tamanho real – área efetiva (Scariot, 1996). Apesar disto, os fragmentos pequenos são considerados importantes para a dinâmica da paisagem, pois agem como conectores entre fragmentos maiores que se encontram isolados (Metzger, 1999).

A forma de um fragmento remanescente também é outro fator importante, pois afeta diretamente na relação entre o perímetro do fragmento e sua área, pois esta relação é diretamente proporcional ao efeito de borda no interior do fragmento. Fragmentos que possuem um formato circular são mais interessantes por terem um efeito de borda minimizado, com o centro da área mais distante das bordas, sendo mais protegido da interferência de fatores externos (Scariot et al., 2003). O aumento na razão borda-área faz com que os fragmentos se tornem mais susceptíveis às perturbações antrópicas, sendo que a extensão desses efeitos pode variar de acordo com a forma e o tamanho do



fragmento, podendo alcançar desde alguns metros como até toda a área do fragmento (Laurance & Bierregaard, 1997).

A resposta de uma espécie à fragmentação depende da escala espacial de organização dos remanescentes, e como essa fragmentação influencia na dispersão da espécie na paisagem (Fahrig & Merriam, 1985). Assim, o grau de isolamento de uma população depende dos elementos presentes na paisagem e da distribuição espacial dos fragmentos. A matriz (entorno do fragmento) determina o deslocamento das espécies entre os fragmentos, sendo que quanto mais próximos eles estiverem entre si, maior a probabilidade de propagação da espécie na paisagem (Scariot et al., 2003).

As atividades desenvolvidas na matriz e sua intensidade, como por exemplo, as atividades agrícolas intensivas e o uso do fogo, afetam a sobrevivência das populações. As atividades agrícolas podem ser bastante prejudiciais principalmente por envolverem o uso de fertilizantes e agrotóxicos que podem afetar todo o ecossistema. Já o uso do fogo na matriz pode causar incêndios no interior do fragmento, alterando drasticamente a estrutura e sua dinâmica populacional (Scariot et al., 2003).

Quanto mais similar estiver a estrutura, juntamente com a composição da matriz e dos fragmentos, o efeito negativo sobre a biodiversidade será menor. Sendo assim, pode-se dizer que a permeabilidade da matriz depende do tipo de uso envolvido. Tendo esses fatores em vista, a heterogeneidade presente nos fragmentos também é determinante para o número de espécies presentes em seu interior, sendo assim, fragmentos longos possuem maior variação topográfica, resultando numa maior heterogeneidade ambiental (Scariot et al., 2003).

Segundo Metzger (1998), o arranjo espacial dos fragmentos e a importância da matriz podem ser evidenciados a partir do conceito de conectividade dos habitats. A conectividade é um processo fundamental na paisagem, pois é ela quem mantém os fluxos biológicos entre os fragmentos e as manchas, sendo muitas vezes propiciado por corredores ecológicos (Bannet, 2003).

Segundo Wiens et al. (1997), há dois tipos de conectividade, a estrutural e a funcional. A conectividade estrutural é a conexão física entre os fragmentos e as manchas, e se dá através de diferentes índices espaciais, conhecidos como métricas da



paisagem. Essas métricas avaliam e quantificam o arranjo espacial das manchas, fragmentos e corredores, da permeabilidade da matriz, os graus de isolamento entre um fragmento e a matriz e suas respectivas distâncias. As métricas, representadas por estatísticas, podem ser calculadas através de interpretação de mapas por meio de um Sistema de Informação Geográfica - SIG, podendo utilizar extensões como Patch Analyst para o software ArcGIS ou mesmo um software, como o FRAGSTATS. Elas auxiliam tanto para a compreensão das características dos fragmentos e da área de estudo, quanto para identificar características como o comportamento e estrutura das populações na paisagem (Metzger, 1997). Desta forma, a conectividade estrutural se refere aos aspectos da fisionomia da paisagem, que segundo Metzger (2003) são: 1) complexidade do arranjo espacial dos fragmentos; 2) densidade e complexidade dos corredores; 3) permeabilidade da matriz. Porém, apesar de estabelecerem uma conexão espacial, não significa que necessariamente que elas exerçam um papel funcional na paisagem, pois isto depende das características da espécie e de sua dispersão e interação na paisagem (Metzger, 2003).

A conectividade funcional é caracterizada por Taylor et al. (1993) como a capacidade em facilitar ou restringir fluxos biológicos na paisagem. Dessa forma ela aplica os conceitos da conectividade estrutural para uma determinada espécie. Assim, a dificuldade de dispersão de uma espécie na paisagem é compreendida através das manchas e seus respectivos graus de complexidade, podendo ou não caracterizar uma perda de conectividade funcional entre populações. O grau de conectividade varia de acordo com a espécie em estudo, para uma mesma área. Apesar disso, uma conectividade de baixo grau é uma situação característica de interrupção do fluxo gênico entre os indivíduos, o que significa que o fragmento e conseqüentemente a população que a habita estão isolados, podendo resultar em sérias conseqüências genéticas para essas populações. Desta forma, a conexão espacial significa que os fragmentos estão suficientemente perto uns dos outros para a espécie conseguir se movimentar na paisagem, ou significa que há um corredor por onde as espécies se movimentam (Fahrig & Merriam, 1985).

Assim, a conexão entre os fragmentos é fundamental para a sobrevivência das espécies, contribuindo para o fluxo genético entre populações. A análise dos efeitos da fragmentação na biodiversidade deve estar atenta para o tempo de ocorrência das



perturbações e da fragmentação que tenham ocorrido no passado ou ainda no presente, pois fragmentos recém-isolados podem não refletir a realidade, indicando uma menor modificação na vegetação (Scariot et al., 2003).

3.4. Corredores Ecológicos

Os corredores são definidos como estruturas lineares da paisagem que diferem das unidades vizinhas e ligam pelo menos dois fragmentos de habitat que estavam anteriormente conectados (Saunders & Hobbs, 1991). Eles podem ser naturais, como as matas de galeria, ou artificiais, como cercas vivas, sendo que em paisagens fragmentadas os corredores são formados pela vegetação remanescente (Metzger, 1999). Os corredores são essenciais e facilitam no controle dos fluxos hídrico e genético na paisagem (Forman & Godron, 1986). A taxa de mortalidade/predação é mais baixa no interior dos corredores do que na matriz, facilitando a dispersão de espécies no corredor (Soulé & Gilpin, 1991). Segundo Merriam (1991), o estabelecimento de corredores facilita a propagação dos fluxos entre os fragmentos florestais, reduzindo os possíveis riscos de extinção e favorecendo também a recolonização de algumas espécies, fazendo com que as metapopulações tenham uma chance maior de sobrevivência.

Por outro lado, apesar dos corredores facilitarem os fluxos, eles também podem apresentar cenários desinteressantes por facilitarem a propagação de algumas perturbações, como o fogo, doenças e caça de animais (Simberloff & Cox, 1987). A degradação do ambiente causada principalmente pela expansão antrópica e sua intervenção na natureza, conduz para um isolamento das áreas de vegetação nativa, sendo as Unidades de Conservação (UCs) incluídas neste cenário (Fonseca et al., 2006). Esta degradação pode diminuir o índice de diversidade biológica da região e conseqüentemente afetar as comunidades ali presentes. Desta forma, as UCs poderão se tornar impossibilitadas de exercer sua função de proteção à biodiversidade (Fonseca et al., 1997).



A Lei do SNUC (BRASIL, 2000), artigo 2, item XIX, define os corredores como:

“Porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais”

Desta forma os corredores ecológicos facilitam não só o fluxo de indivíduos, como também de seus genes, aumentando sua probabilidade de sobrevivência e conservação da biodiversidade da região (Fonseca, et al., 2004).



4. METODOLOGIA

4.1. Dados Utilizados

Para o presente estudo foi utilizado o Banco de Dados que pertence à *The Nature Conservancy* – TNC, com autorização da mesma, referente à região da Chapada dos Veadeiros. O Banco de dados da TNC possui diversas informações que foram elaboradas com base em uma imagem *SPOT* do ano 2007, porém foram usadas apenas o *shapefile* de Uso do Solo, e o *shapefile* de Sistema Viário.

4.2. Pré-Processamento

Primeiramente foi utilizado um mapa de Uso do Solo para selecionar apenas os tipos de vegetação classificados em: “Formação Campestre”, “Formação Savânica” e “Formação Florestal”. Esta divisão foi estabelecida devido a cada um desses tipos de vegetação agruparem conjuntos de espécies que possuem exigências ecológicas distintas para formação de corredores ecológicos.

Esta seleção foi exportada para outro arquivo nomeado “Remanescente”, indicando apenas a vegetação remanescente da região. Posteriormente, houve a delimitação da área de estudo em cima desta nova feição criada, que engloba o PNCV e a RNST fazendo limite com a área da comunidade quilombola Kalunga. Desta forma, criou-se um *shapefile* de Área de Estudo utilizado para preparação dos dados (Figura 2).

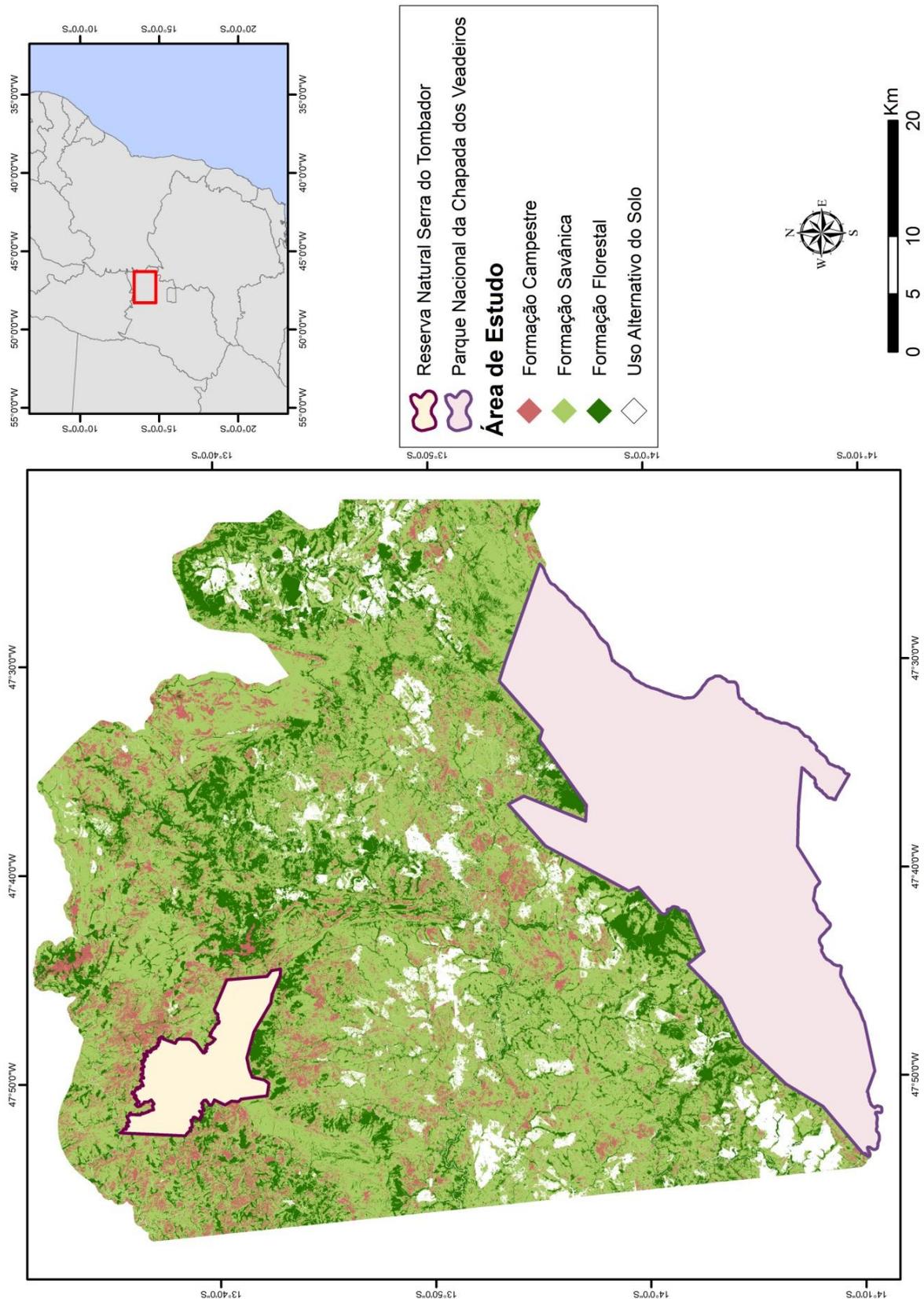


Figura 2. Mapa de área de estudo separado pelas classes vegetacionais: campo, savana e floresta; e uso antrópico (“Uso Alternativo do Solo”).



Após esta etapa, foram criadas unidades de planejamento em forma de hexágonos com o uso do software ArcGIS 9.3, utilizando a extensão *Patch Analyst* (Rempel 2006) em sua função “*Make Hexagons Regions*”. As unidades de planejamento foram criadas com o objetivo de facilitar a análise de métricas em subdivisões da paisagem. Foi escolhida um tipo de unidade artificial devido a uma maior facilidade para se obter os resultados, e já a forma em hexágono foi determinada devido ser a forma mais próxima da geometria circular, que possui menor perímetro e, conseqüentemente, um menor efeito de borda. O resultado foi um total de 1086 hexágonos com um tamanho previamente definido de 250 ha por unidade de planejamento. Foram eliminados os hexágonos que intersectaram as Unidades de Conservação (PNCV e RNST) e depois delimitado o seu limite de acordo com o limite da área de estudo.

Foi criado um campo na tabela do *shapefile* da área de estudo chamada “ID”, que serviu para identificar numericamente cada tipo de formação vegetacional, sendo atribuídos os valores: “1” para formação campestre, “2” para formação savânica e “3” para formação florestal. As métricas foram calculadas e analisadas individualmente para cada tipo de formação.

Um conjunto de métricas da paisagem foi selecionado e calculado a partir da extensão vetorial *Patch Analyst*:

1) Métricas relacionadas à contribuição do fragmento para a cobertura vegetal: Soma das áreas dos fragmentos (“Tla”); Porcentagem total de paisagem para cada classe (“Land”); Número total de fragmentos (“Nump”).

2) Métricas relacionadas à arquitetura dos fragmentos: Tamanho médio dos fragmentos (“MPS”); Índice de forma (“AWMSI”); Quantidade relativa de borda por área de paisagem (“Ed”) – Densidade de Borda.

3) Uma outra métrica relacionada ao espaçamento dos fragmentos – distância média do vizinho mais próximo (“MNN”), foi calculada a partir de um *raster* na extensão *Patch Grid*. Para tanto, a feição “área de estudo” foi convertida para o modelo matricial *Raster*, sendo 30 metros o valor atribuído para o tamanho de lado da célula desse modelo. Desta forma, foi possível utilizar a extensão *Patch Grid* (que só é habilitada para o formato *raster*) para calcular a estatística que é identificada através da função “*Spatial Statistics (by regions)*”. A métrica selecionada foi a distância média do fragmento vizinho mais próximo “MNN”, sendo criado também um *buffer* de 60



metros. Esta função cria um novo *raster* para cada hexágono e calcula a métrica selecionada por hexágono.

4.3. Apresentação e validação das métricas para cada tipo de formação

Para cada um dos principais tipos de formações selecionados (campestre, savânica e florestal) foi preparada uma matriz de dados originais composta dos valores calculados para as sete métricas da paisagem em cada um dos 1086 hexágonos. Os valores das métricas são apresentados para cada um dos três tipos de formações em gráficos do tipo *box-plot*, destacando-se a barra de amplitude dos dados, a mediana e eventuais *outliers* (valores fora dos limites esperados).

Com o objetivo de validar estatisticamente a escolha ecológica para avaliar as métricas da paisagem separadamente para cada tipo de formação, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (1952, apud Siegel, 1975), para testar a diferença das medianas de cada métrica entre as três diferentes formações vegetais (campo, floresta e savana). A prova de Kruskal-Wallis é a mais eficiente das provas não-paramétricas para testar se diferentes amostras provêm de populações idênticas com relação à suas médias. Esta prova tem poder-eficiência de 95,5% quando comparada com a prova F (análise de variância), a mais poderosa prova paramétrica para testar a diferença entre médias de diferentes amostras.

O teste pressupõe que a variável em estudo tenha distribuição contínua, mas sem as mesmas exigências da distribuição normal. No cálculo da prova de Kruskal-Wallis cada uma das N observações é substituída por um posto, de modo que todas as observações sejam dispostas em uma única série de postos, ordenados do menor para o maior valor. Ou seja, ao menor valor atribui-se o posto 1, ao seguinte o posto 2, e assim sucessivamente, até que o maior valor atinja o posto N (número total de observações independentes nas k amostras. Em seguida, determina-se a soma dos postos em cada amostra. A prova de *Kruskal-Wallis* determina se essas somas são tão distintas que não seja provável que se refiram a amostras extraídas da mesma população (Siegel, 1975).

As correlações entre as variáveis foram identificadas a partir de gráficos de dispersão de pontos (Y-X).



4.4. Análise de Componentes Principais – PCA

A próxima etapa consistiu em classificar os fragmentos, a partir desses descritores da paisagem (métricas) e selecionar o conjunto de métricas e hexágonos (onde estão presentes os fragmentos) mais favoráveis para construção de corredores ecológicos. Para isso, foi utilizada uma técnica de ordenação no hiperespaço dos fragmentos (objetos) e das métricas (variáveis originais ou descritores), visando reduzir a informação contida na matriz original dos dados, reter a maior porcentagem de sua variabilidade, e apresentá-la de forma mais adequada para sua interpretação.

O método de ordenação escolhido foi uma Análise de Componentes Principais (PCA), realizada através do software “R”, desenvolvida a partir de uma matriz de correlação linear de *Pearson*, entre as variáveis (métricas da paisagem ou descritores). A extração dos vetores latentes (autovetores) e o cálculo das raízes da matriz de correlação (autovalores) são os fundamentos básicos dessa análise (Ludwig & Reynolds, 1988). Os procedimentos básicos consistem em:

- 1) Definir os novos eixos, em direção e comprimento, pelo cálculo dos autovetores e autovalores da matriz de correlação entre as variáveis;

- 2) Calcular o peso (contribuições das variáveis originais) para formação dos novos eixos; Dessa forma, o conjunto de variáveis originais, em que muitas das quais podem ser correlacionadas entre si, é substituído por novas variáveis não correlacionadas (eixos principais de ordenação); reduzindo assim o número de variáveis em função de sua importância relativa, facilitando a interpretação; seguindo recomendação de Legendre & Legendre (1983), foram desconsiderados todos os eixos com autovalores inferiores a “1” (um), cuja variância dos dados pode ser gerada ao acaso, e interpretados aqueles com significado para a ecologia da paisagem. Esses eixos de ordenação devem ser interpretados, em termos de ecologia da paisagem, em função das métricas originais que mais influenciaram em sua definição;

- 3) Calcular as coordenadas (no hiperespaço) dos objetos (fragmentos por tipos de formação) e dos descritores (variáveis ou métricas da paisagem), nos novos eixos de ordenação;

- 4) A partir das suas coordenadas nos eixos principais de ordenação, plotar cada fragmento no hiperespaço; quando os dois primeiros eixos de ordenação explicam uma



porcentagem alta da variância dos dados, opta-se por plotar as coordenadas dos objetos (fragmentos) apenas nesses dois primeiros eixos, formando assim, quatro quadrantes no hiperespaço; esse procedimento permite, assim, ordenar os fragmentos no hiperespaço, de tal forma que fragmentos com características semelhantes (em termos das métricas da paisagem medidas) fiquem agrupados no mesmo quadrante formado pelos dois eixos principais;

5) Selecionar o grupo de fragmentos com características mais adequadas para a formação de corredores ecológicos; selecionam-se todos os fragmentos por tipo de formação ordenados no quadrante formado a partir da informação das métricas mais adequadas para a formação de corredores ecológicos.

4.5. Proposição de corredores ecológicos

Para formular propostas de corredores ecológicos, a primeira etapa foi juntar as informações calculadas para as três formações e calcular o índice de diversidade de *Shannon* para cada hexágono, através da extensão *Patch Analyst*. O índice de diversidade de *Shannon* foi elaborado com o intuito de capturar tanto a riqueza quanto a uniformidade e enfatizar diferentes aspectos em relação à abundância de espécies (Magurran, 2011). No presente trabalho, este índice de diversidade biológica foi calculado a partir de uma combinação entre os tipos de habitats e a área ocupada por ele, em cada hexágono, através da extensão *Patch Analyst*. Desta forma, o índice funciona como uma medida relativa da diversidade de habitats presentes em uma unidade de planejamento (Rempel, 2006). O índice de diversidade biológica de *Shannon* irá servir neste trabalho para identificar os hexágonos que possuem maior diversidade de habitat com o objetivo de verificar os hexágonos com alta diversidade de espécies.

Com o índice de diversidade calculado, a próxima etapa foi cruzar as informações desse índice com a preferência dos quadrantes das métricas da paisagem através da ferramenta “*Join*” no ArcGIS. Foi identificado o valor médio do índice de diversidade como 0.71 e posteriormente foram selecionados os valores acima dessa média, possibilitando identificar quais seriam os hexágonos mais expressivos para este aspecto, representados no mapa abaixo:

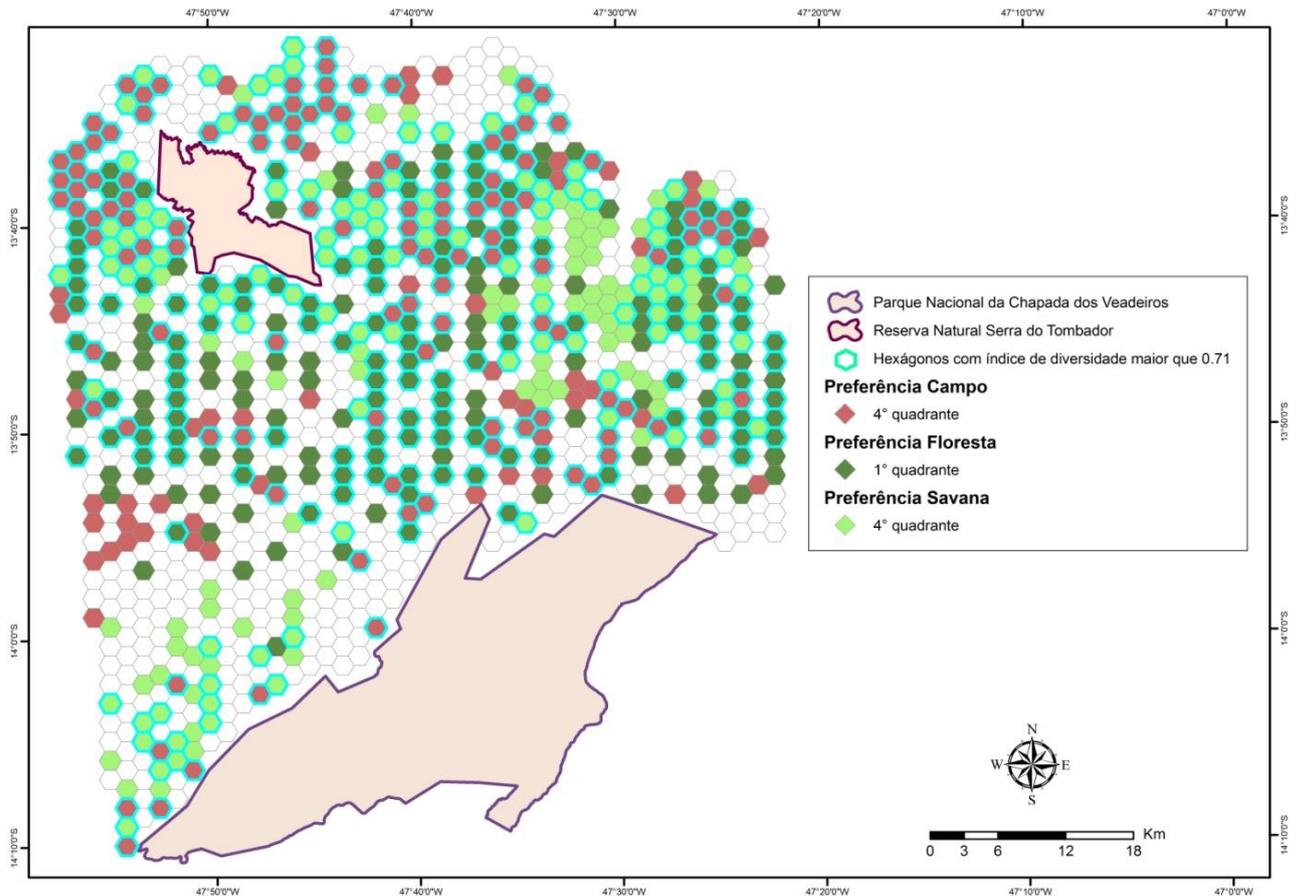


Figura 3. Mapa dos hexágonos mais expressivos e com índice de diversidade maior que 0.71

A seleção resultou em um conjunto de unidades de planejamento que possuíssem uma maior conectividade (estabelecida através das métricas de paisagem calculadas e priorizadas) e diversidade para cada tipo de formação. Tendo isto em vista, foi possível propor cenários de corredores ecológicos com base na escolha de prioridades para esses hexágonos. Apesar da divisão em tipos de vegetação, não significa, necessariamente, que nos hexágonos preferenciais para um determinado tipo de formação, estejam presentes apenas fragmentos deste mesmo tipo de formação. Mas sim indicam que os hexágonos possuem preferências de um determinado tipo de formação de acordo com as métricas e a seleção dos quadrantes. Desta forma, a escolha das métricas da paisagem e a escolha dos quadrantes formados pela PCA serão determinantes tanto para a indicação do tipo de formação preferencial em cada hexágono, como também para a indicação de corredores ecológicos com base na escolha dos hexágonos.



Foram considerados como alvos os ambientes preferenciais para dois grupos de espécies: espécies de ambientes fechados e semi-fechados (formação florestal e savânica) e espécies que vivem em ambientes abertos (formação campestre). O fluxo do corredor foi estabelecido partindo da RNST em sentido ao PNCV, e iniciado por hexágonos mais próximos à RNST de acordo com o tipo de ambiente preferencial, visando ao caminho mais curto com hexágonos mais expressivos.

O objetivo desta metodologia foi propor cenários de corredores com o menor custo possível juntamente com a maior diversidade biológica e maior conectividade entre os fragmentos.



5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Apresentação das métricas de paisagem

De acordo com os procedimentos metodológicos adotados nesse trabalho, cada um dos 1086 hexágonos que compõem a área de estudo apresenta uma proporção diferenciada para os três tipos de formações vegetacionais identificados: campo, savana e floresta.

A figura 4 apresenta os dados referentes à métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps). Esta é uma das principais métricas para a seleção de fragmentos para compor os corredores ecológicos. As medianas para as três formações vegetais são estatisticamente distintas ($p < 0.001$), sendo mais que três vezes superior para as formações florestais, do que para as formações savânicas e campestres.

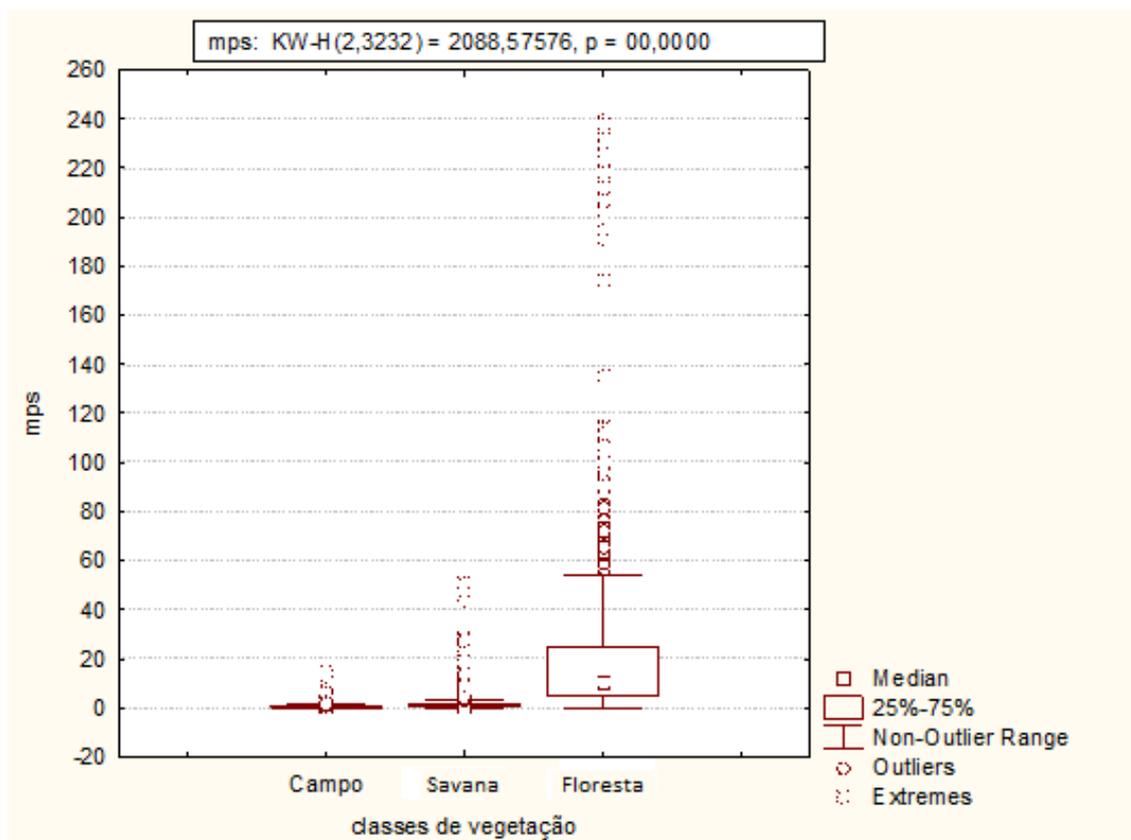


Figura 4. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “tamanho médio dos fragmentos” (Mps), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).



A Figura 5 apresenta os dados referentes à métrica “forma dos fragmentos” (AWMSI). Esta também é uma das principais métricas para a seleção de fragmentos para compor os corredores ecológicos. As medianas para as três formações vegetais são estatisticamente distintas ($p < 0.001$), sendo mais que duas vezes superior para as formações florestais, do que para as formações savânicas e campestres.

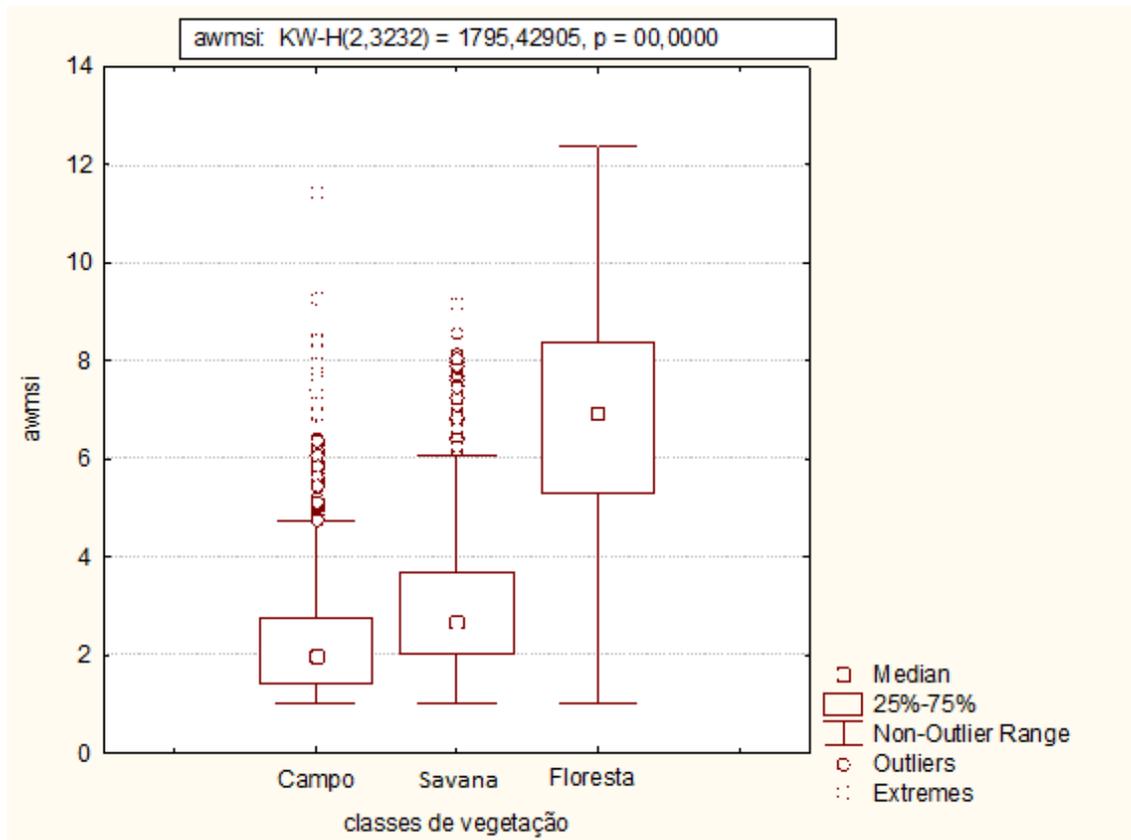


Figura 5. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “índice de forma dos fragmentos” (AWMSI), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).

Seguindo a tendência apresentada pelas duas variáveis anteriores, as medianas para as três formações vegetais, referentes à métrica “densidade de borda dos fragmentos” (Ed), também são estatisticamente distintas ($p < 0.001$), sendo maior para as formações florestais, do que para as formações savânicas e campestres. Nota-se, entretanto, uma grande quantidade de fragmentos com valores considerados como “fora dos padrões esperados” ou *outliers*, com valores extremamente pequenos tanto para as formações florestais, como savânicas (Figura 6).

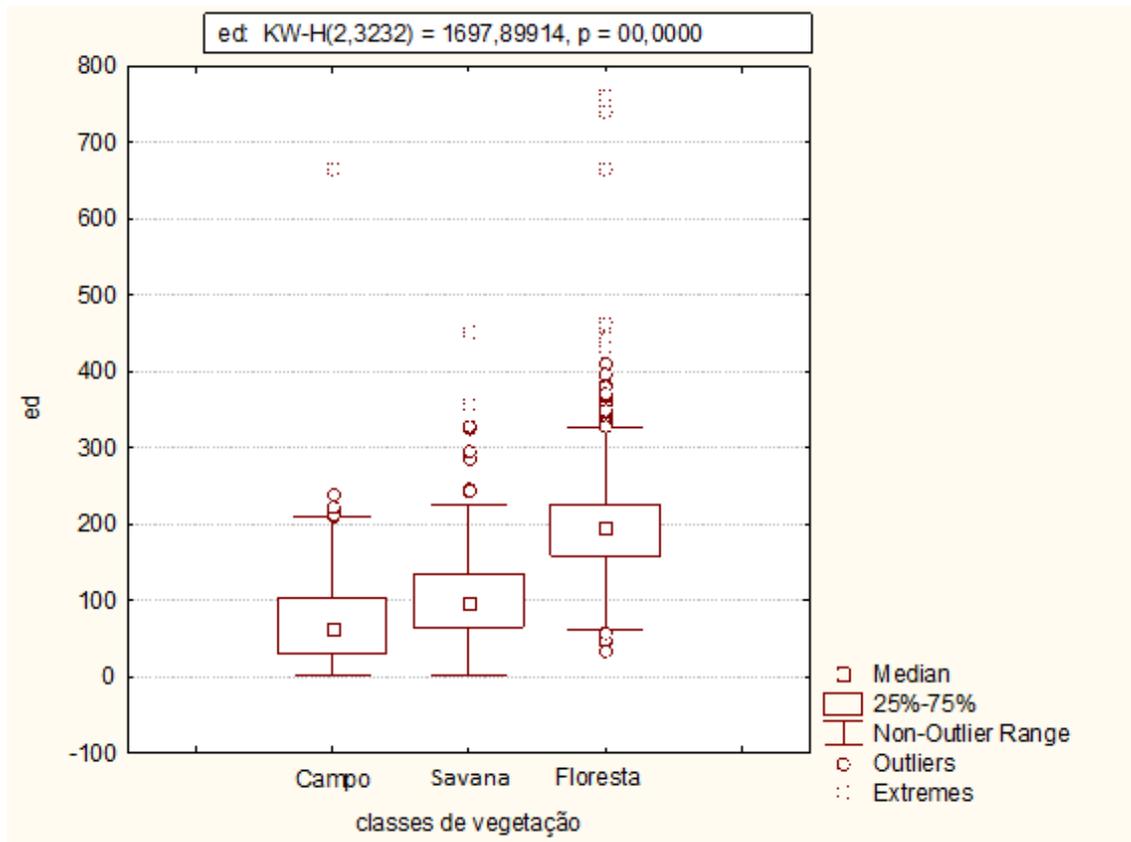


Figura 6. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “densidade de borda dos fragmentos” (Ed), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).

Outra métrica considerada muito importante para a formação de corredores ecológicos, a “distância média do fragmento vizinho mais próximo” (Mnn) também mostrou comportamento semelhante às variáveis anteriores: as medianas para as três formações vegetais são estatisticamente distintas ($p < 0.001$), sendo maior para as formações florestais, do que para as formações savânicas e campestres. Uma quantidade expressiva de *outliers*, com distâncias muito próximas entre si, foi registrada para as formações savânicas (Figura 7).

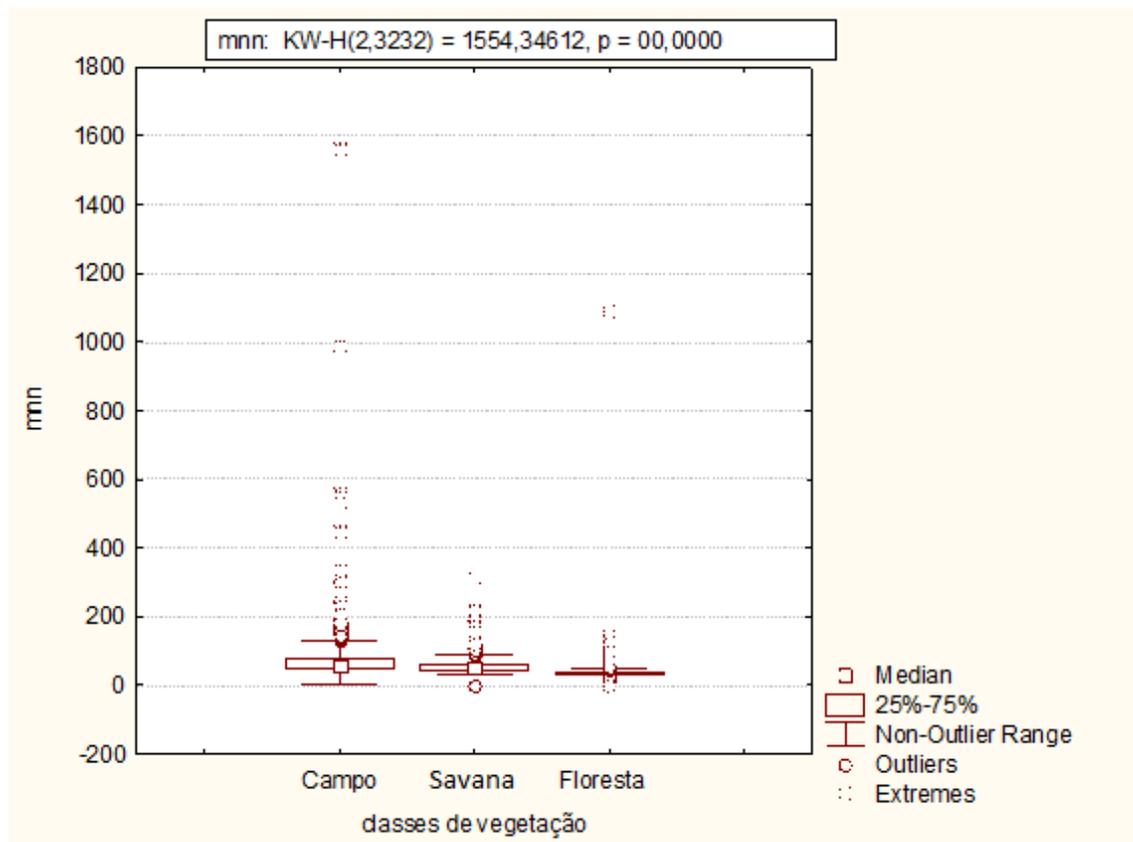


Figura 7. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “distância do vizinho mais próximo” (Mnn), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).

Ao contrário das métricas anteriores, que refletiam a arquitetura e o espaçamento entre os fragmentos na paisagem, as métricas relacionadas à contribuição dos fragmentos para a cobertura vegetal (percentagem total da paisagem em cada tipo de formação vegetacional e número total de fragmentos de cada tipo de vegetação), apresentam comportamento oposto: enquanto os fragmentos de formação florestal mostram maior participação na cobertura vegetal da área de estudo (Figura 8), o número de fragmentos dessa formação é estatisticamente inferior ao das formações savânicas e campestres (Figura 9).

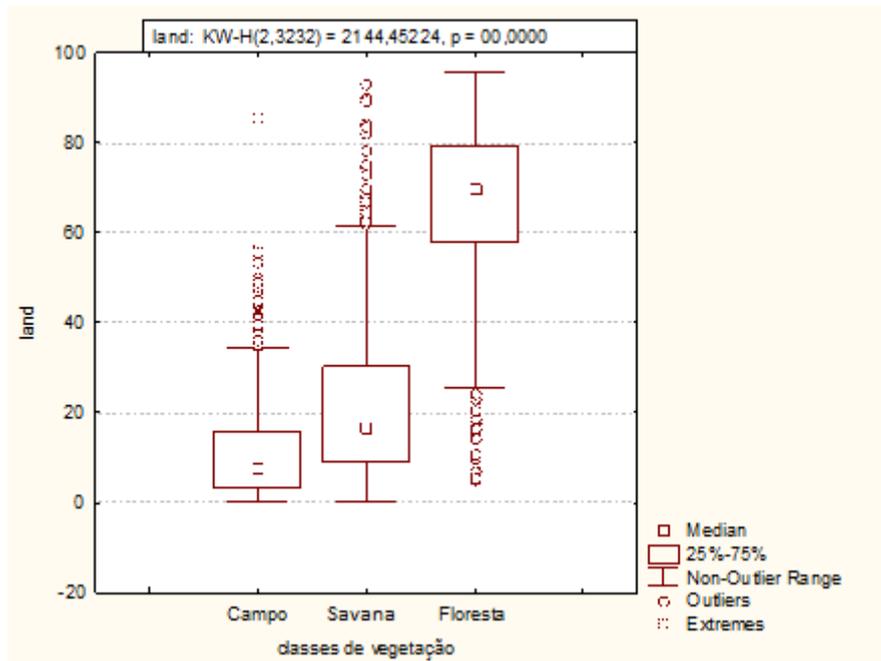


Figura 8. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “percentagem da paisagem para cada tipo de formação vegetal” (Land), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).

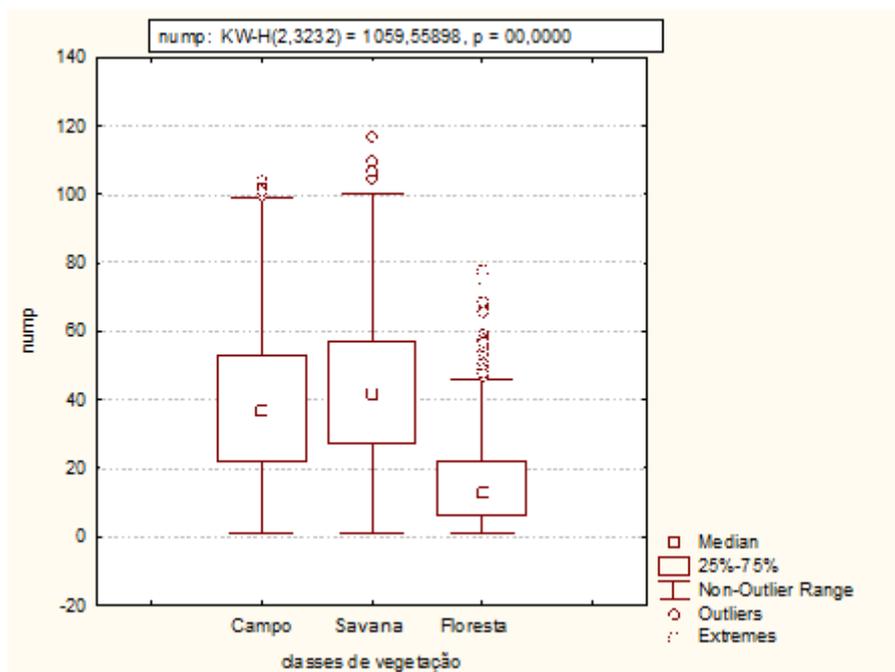


Figura 9. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “número de fragmentos” (Nump), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).



Finalmente, a Figura 10 apresenta os valores referentes às áreas dos fragmentos. Nota-se que, como a maioria absoluta dos fragmentos na área de estudo compartilha os três tipos de formação florestal, as medianas e os valores de dispersão dos dados são quase idênticos para as três formações.

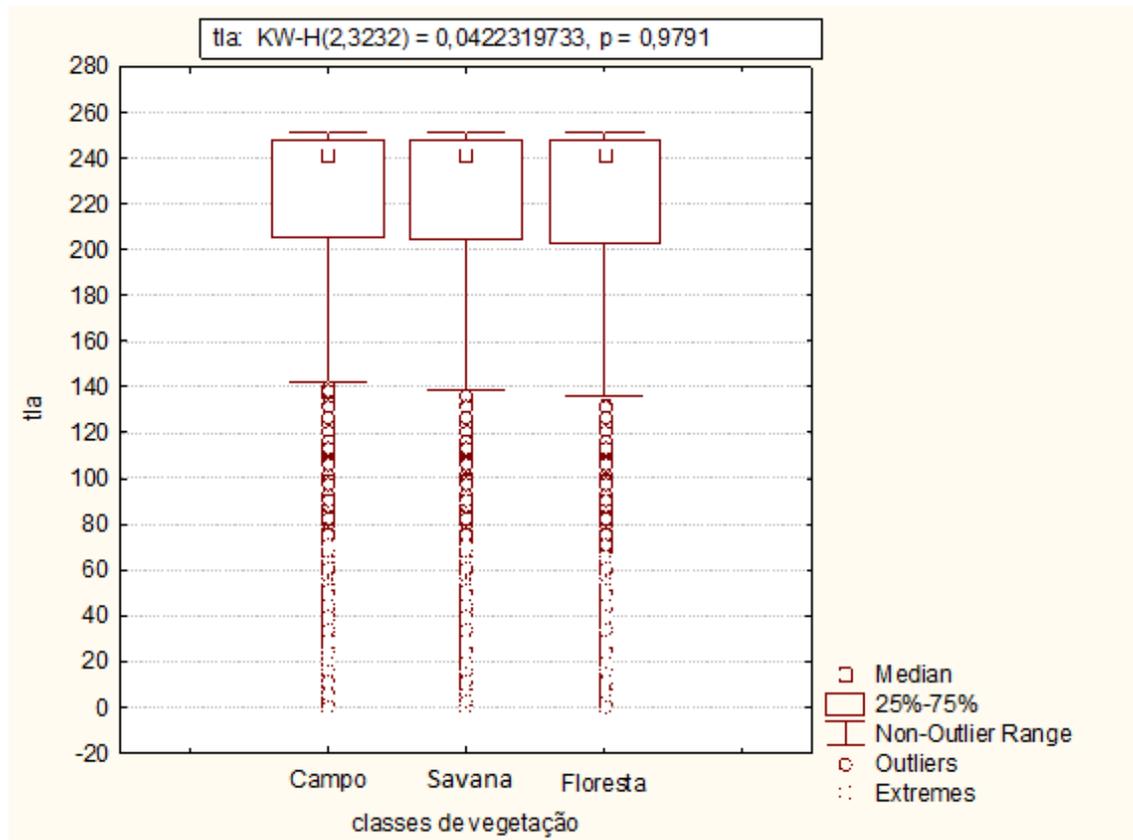


Figura 10. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica “área dos fragmentos” (Tla), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova) e p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos três tipos de vegetação, ou seja, de que as medianas das três formações vegetais sejam estatisticamente semelhantes).

Os resultados dessas análises, mostrando as diferenças entre as métricas para as três formações vegetais, fornecem suporte estatístico a opção ecológica de análise das métricas de paisagem por tipo de formação.



5.2. Seleção das métricas e dos fragmentos para composição dos corredores ecológicos para cada tipo de formação

Para cada tipo de formação, inspeções visuais em gráficos de dispersão dos valores entre pares de métricas evidenciaram a existência de correlações positivas ou negativas entre algumas métricas (Figuras 11, 12 e 13, para campo, savana e floresta, respectivamente). Matrizes de correlação confirmaram essas suspeitas (Tabelas 1, 2 e 3, para campo, savana e floresta, respectivamente).

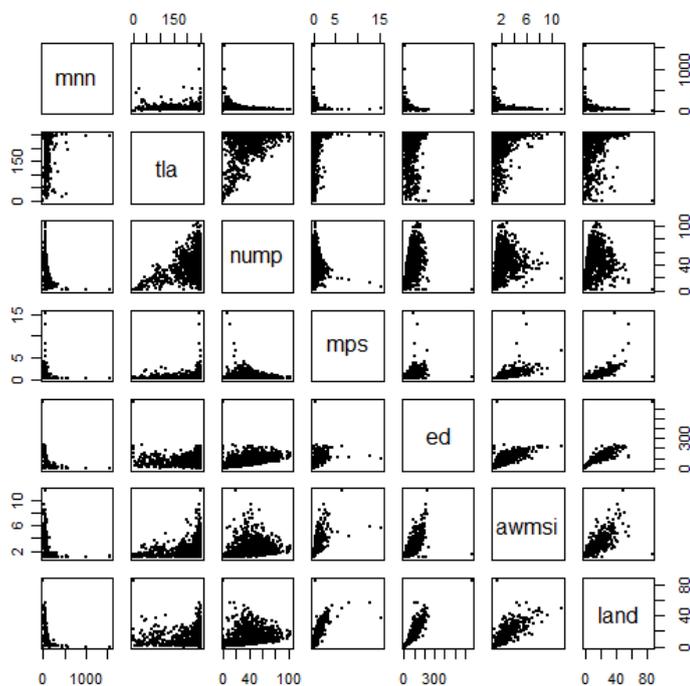


Figura 11. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação campestre.

Tabela 1. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação campestre.

	Mnn	Tla	Nump	Mps	Ed	Awmsi	Land
Mnn	1	-0.06408	-0.37196	-0.15354	-0.36525	-0.25898	-0.31074
Tla	-0.06408	1	0.401786	0.134363	-0.00369	0.252479	0.073749
Nump	-0.37196	0.401786	1	-0.01983	0.515556	0.275869	0.329476
Mps	-0.15354	0.134363	-0.01983	1	0.440325	0.652539	0.701565
Ed	-0.36525	-0.00369	0.515556	0.440325	1	0.709524	0.910421
Awmsi	-0.25898	0.252479	0.275869	0.652539	0.709524	1	0.818248
Land	-0.31074	0.073749	0.329476	0.701565	0.910421	0.818248	1

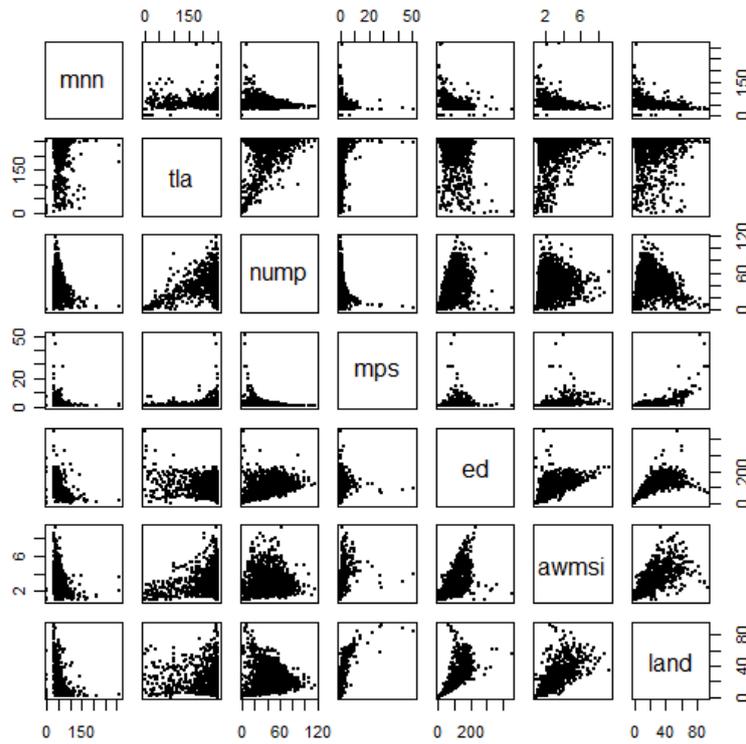


Figura 12. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação savânica.

Tabela 2. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação savânica.

	Mnn	Tla	Nump	Mps	Ed	Awmsi	Land
Mnn	1	-0.08029	-0.29568	-0.17536	-0.48977	-0.34855	-0.43289
Tla	-0.08029	1	0.391561	0.088782	-0.2296	0.223554	-0.0159
Nump	-0.29568	0.391561	1	-0.31082	0.256832	0.000263	-0.12072
Mps	-0.17536	0.088782	-0.31082	1	0.135373	0.337222	0.64042
Ed	-0.48977	-0.2296	0.256832	0.135373	1	0.595648	0.706529
Awmsi	-0.34855	0.223554	0.000263	0.337222	0.595648	1	0.70525
Land	-0.43289	-0.0159	-0.12072	0.64042	0.706529	0.70525	1

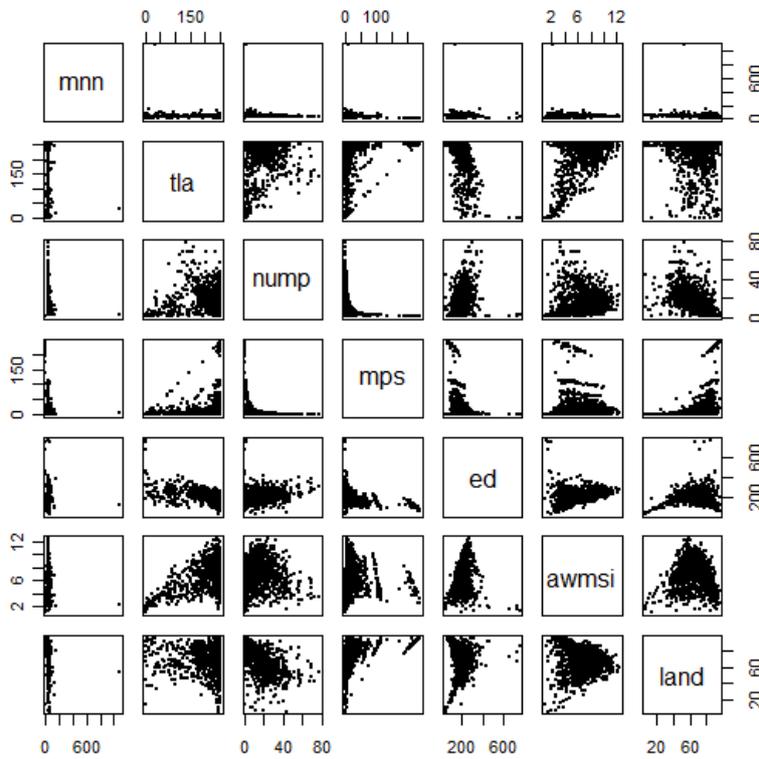


Figura 13. Diagramas de dispersão entre as métricas da paisagem considerando a formação florestal.

Tabela 3. Matriz de correlações das métricas da paisagem considerando a formação florestal.

	Mnn	Tla	Nump	Mps	Ed	Awmsi	Land
Mnn	1	-0.10796	0.040348	-0.19365	-0.01732	-0.0646	-0.14868
Tla	-0.10796	1	-0.02214	0.207447	-0.52076	0.472413	-0.07036
Nump	0.040348	-0.02214	1	-0.48089	0.334417	0.030976	-0.51661
Mps	-0.19365	0.207447	-0.48089	1	-0.40131	-0.17248	0.48557
Ed	-0.01732	-0.52076	0.334417	-0.40131	1	0.21715	-0.02093
Awmsi	-0.0646	0.472413	0.030976	-0.17248	0.21715	1	-0.01652
Land	-0.14868	-0.07036	-0.51661	0.48557	-0.02093	-0.01652	1



Para evitar o uso direto dessas métricas correlacionadas entre si no processo de seleção dos hexágonos para a composição dos corredores ecológicos, optou-se pelo uso de uma análise de componentes principais, que conforme explicado na metodologia, utiliza as variáveis originais correlacionadas para a formação de eixos de ordenamento independentes, a partir dos quais conjuntos de fragmentos (hexágonos) com as características semelhantes mais adequadas à formação dos corredores ecológicos foram selecionados. Os resultados dessas análises serão apresentados a seguir, separadamente para cada formação vegetacional.

5.2.1. Formação Campestre

Os resultados da análise de componentes principais sobre a matriz de correlação de *Pearson* entre as métricas da paisagem calculadas para os 1066 hexágonos correspondentes à formação campestre estão apresentados na tabela 4 e nas figuras 14 e 15.

Os dois primeiros eixos explicaram 69% da variação encontrada nas métricas da paisagem campestre. Esses eixos possuem autovalores superiores a 1 e foram interpretados ecologicamente. Os demais eixos, cujas variações podem ser devidas ao acaso, foram eliminados (Figura 14).

O primeiro eixo, que explicou 50% da variância dos dados, foi formado principalmente pela contribuição das métricas “Land” (% total da paisagem ocupada pelos campos), “Awmsi” (forma dos fragmentos), “Ed” (densidade de borda dos fragmentos) e “Mps” (tamanho dos fragmentos). Todas essas métricas tiveram cargas com o mesmo sinal (negativa), evidenciando influências inversamente proporcionais na formação desse eixo. Como esse conjunto de variáveis descreve, sobretudo, a *arquitetura da paisagem*, esse eixo de ordenação foi interpretado como tal (Tabela 4).

O segundo eixo (19% da variância) foi formado principalmente pela contribuição das métricas “Nump” (número total de fragmentos), “Tla” (áreas dos fragmentos), além de “Mnn” (distância do vizinho mais próximo) e “Mps” (tamanho dos fragmentos). As duas primeiras métricas tiveram cargas com o mesmo sinal (positiva), evidenciando influências diretamente proporcionais na formação desse eixo.



As duas últimas métricas, com cargas negativas, tiveram influência oposta àquelas. Como esse conjunto de variáveis descreve, sobretudo, a *cobertura e espaçamento da paisagem*, esse eixo de ordenação foi interpretado como tal (Tabela 4).

Tabela 4. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação campestre, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as percentagens da variância de cada eixo.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
mn	0.2499	-0.3133	-0.5056	-0.7562	-0.0984	0.0464	0.0039
tla	-0.1329	0.5203	-0.7189	0.1795	0.1502	-0.3675	0.0707
num	-0.2743	0.6441	0.1181	-0.3552	-0.4381	0.4045	-0.1194
mps	-0.3714	-0.3971	-0.3182	0.3484	-0.6467	0.1406	0.2095
ed	-0.4786	-0.0242	0.2671	-0.3590	0.0822	-0.4037	0.6328
awmsi	-0.4705	-0.1392	-0.1985	-0.0048	0.5923	0.6068	0.0300
land	-0.5062	-0.1968	0.0404	-0.1396	-0.0044	-0.3852	-0.7318
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Proporção da variância	0.498	0.191	0.145	0.097	0.040	0.024	0.004
Proporção cumulativa	0.498	0.689	0.834	0.931	0.972	0.996	1.000

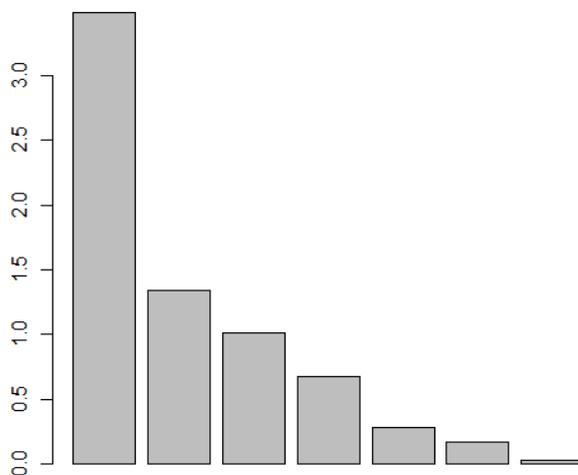


Figura 14. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação campestre.



A posição no hiperespaço (coordenadas) ocupada pelos 1086 hexágonos (fragmentos correspondentes à formação campestre) em relação aos dois eixos principais de ordenamento é apresentada por meio de um gráfico na Figura 15. O gráfico apresenta também a direção e magnitude de influência das principais métricas para a formação desses eixos.

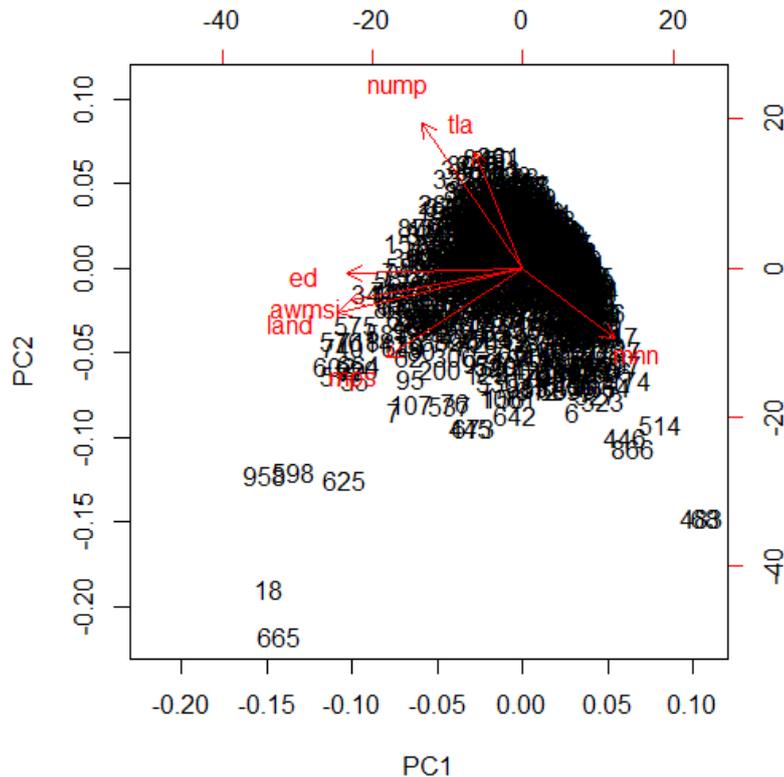


Figura 15. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) considerando a formação campestre.

Por esse gráfico, fica evidente o posicionamento de grupos de fragmentos nos quatro quadrantes. Como em cada quadrante a influência das métricas é distinta, os fragmentos agrupados em cada quadrante possuem características distintas em relação àquelas métricas. O passo seguinte consistiu em selecionar o grupo de fragmentos (quadrante) com características mais adequadas para a formação de corredores ecológicos.

Para interpretação desses padrões, foram construídos gráficos do tipo *box-plots* para as principais métricas que influenciaram a formação dos dois primeiros eixos de ordenamento, com valores discriminados para cada quadrante (Figuras 16, 17, 18, 19 e 20).

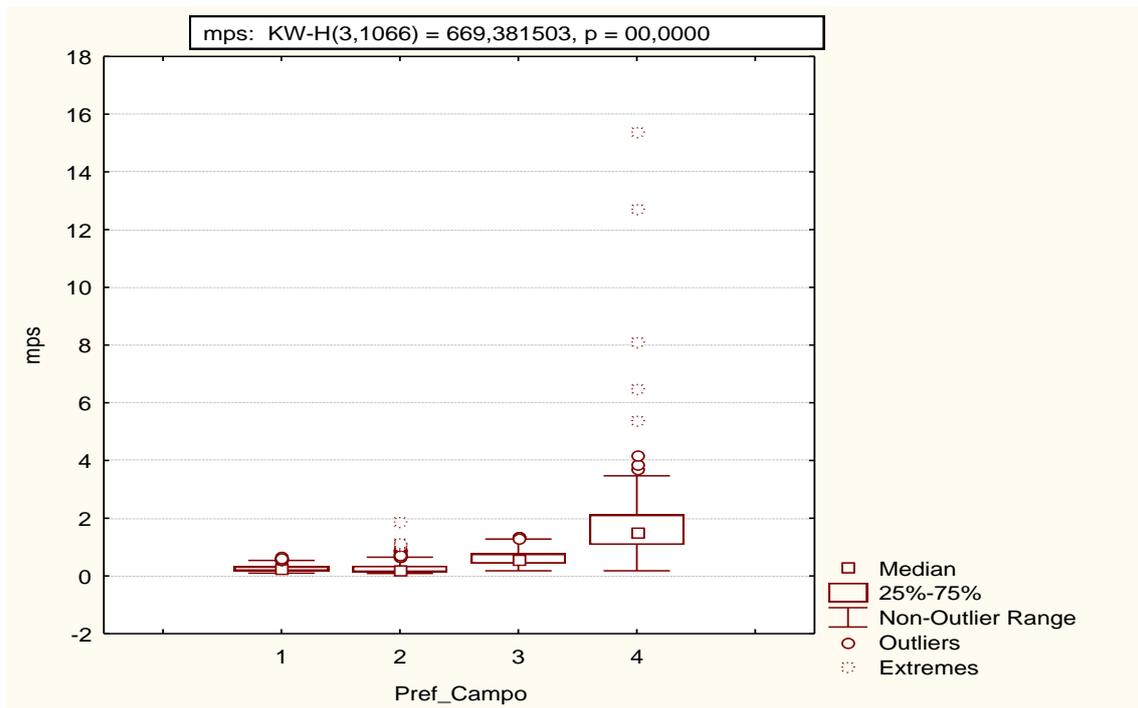


Figura 16. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica tamanho dos fragmentos campestres (Mps), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

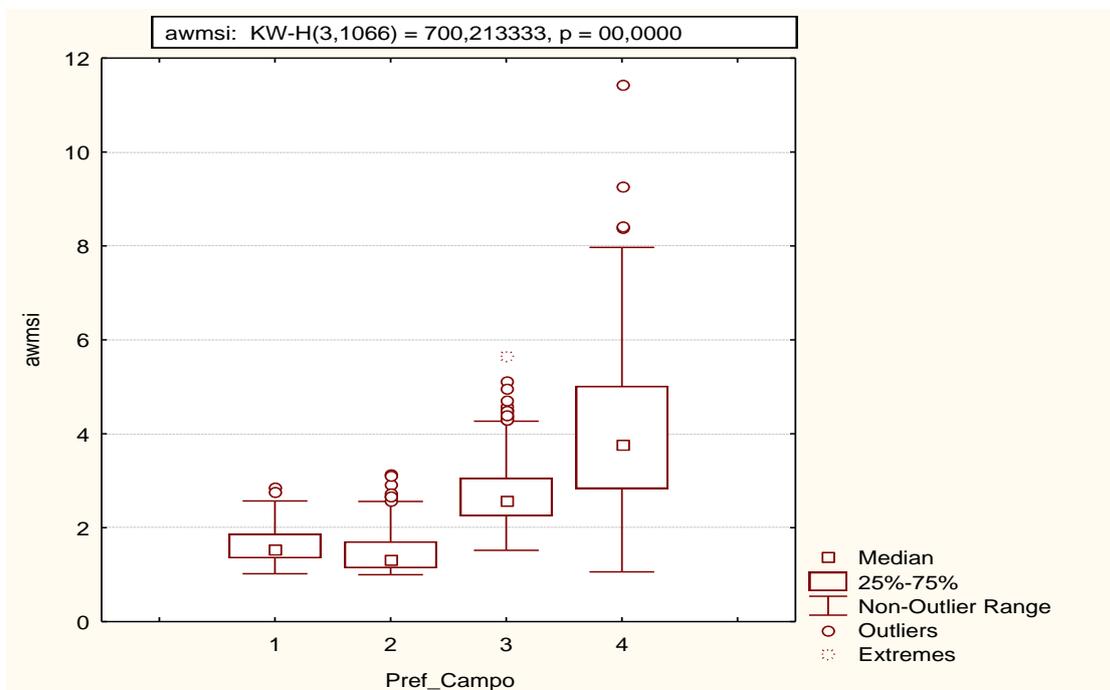


Figura 17. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica forma dos fragmentos campestres (awmsi), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

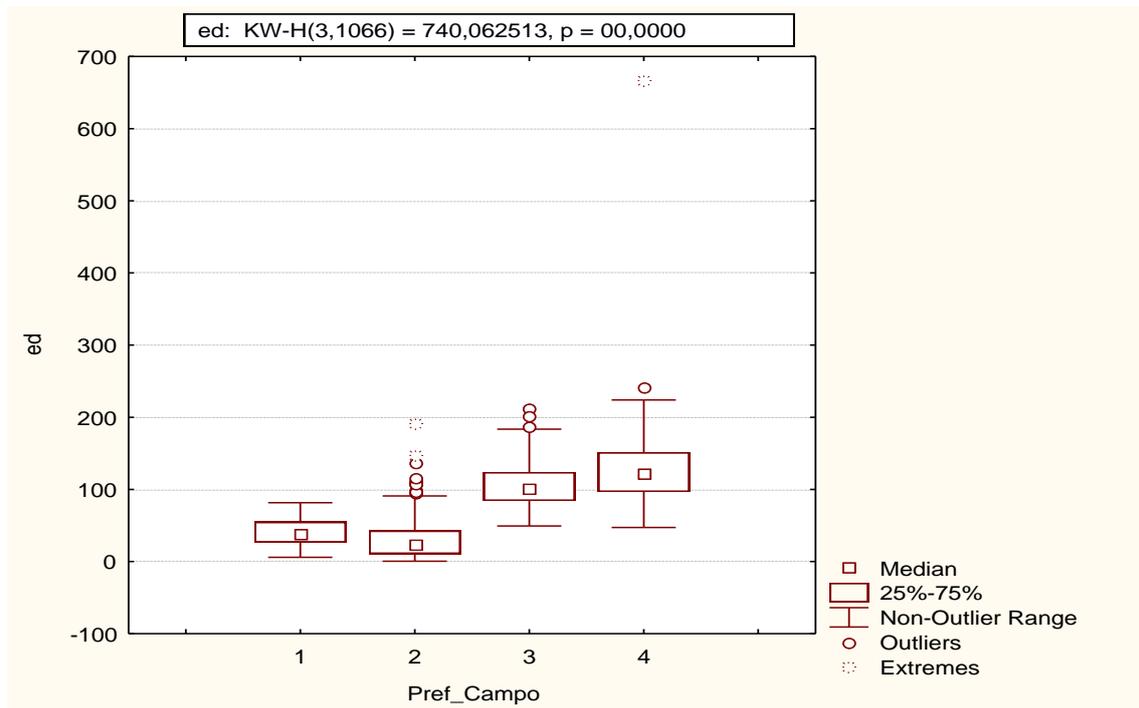


Figura 18. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica densidade de borda dos fragmentos campestres (Ed), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

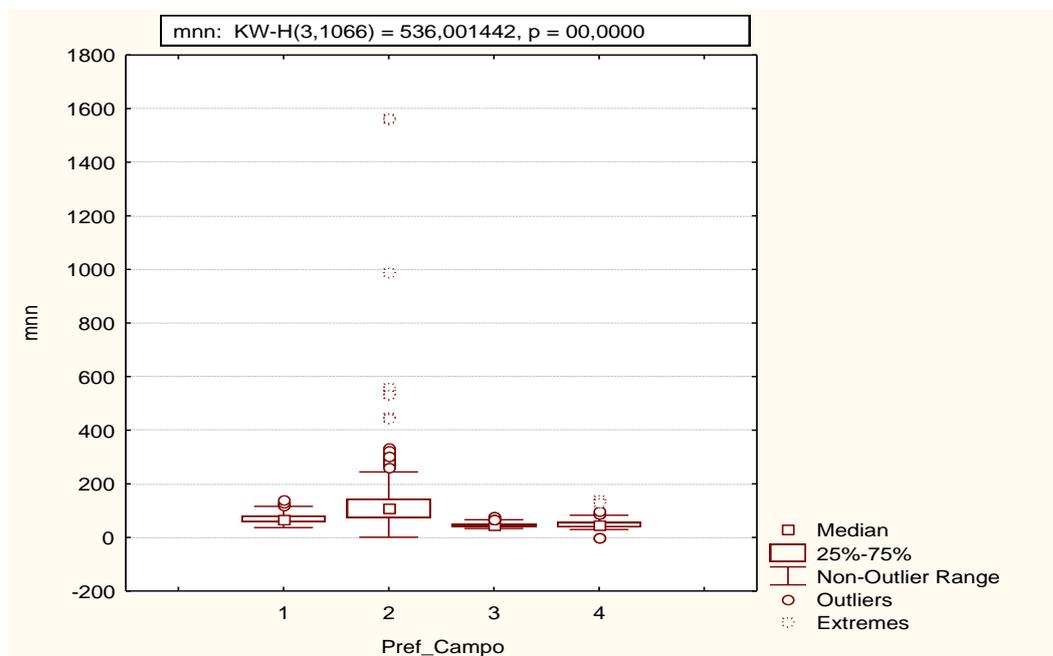


Figura 19. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica distância do vizinho mais próximo (Mnn), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

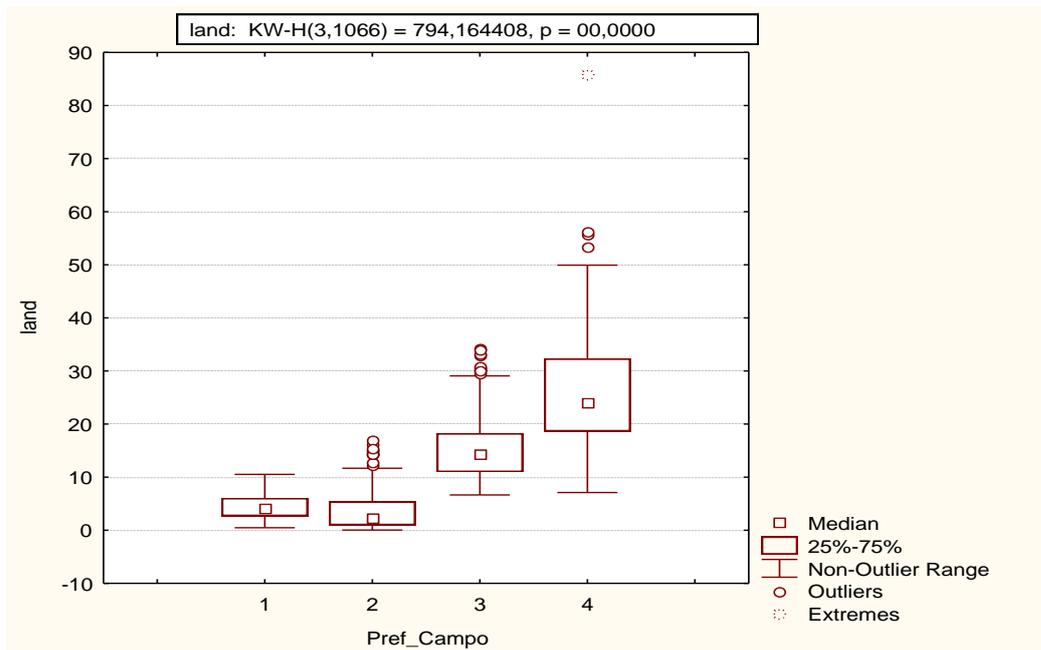


Figura 20. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica percentagem total da paisagem ocupada por formação campestre (Land), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

O exame conjunto desses gráficos revela os seguintes padrões:

- **Quadrante 1.** agrupa 331 hexágonos com coordenadas positivas nos dois eixos e que possuem as seguintes características: fragmentos pequenos, com índice de forma e densidade de borda razoáveis, muito distantes entre si, e com baixa representatividade campestre na paisagem;
- **Quadrante 2.** agrupa 262 hexágonos com coordenadas positivas no primeiro eixo e negativas no segundo eixo (+-), que possuem as seguintes características: fragmentos muito pequenos, com índice de forma ruim, mas com a mais baixa densidade de borda, e as maiores distâncias entre si, e com a menor representatividade campestre na paisagem;
- **Quadrante 3.** agrupa 306 hexágonos com coordenadas negativas no primeiro eixo e positivas no segundo eixo (-+), que possuem as seguintes características: fragmentos razoavelmente grandes, com índice de forma muito bom, mas com alta densidade de borda, as menores distâncias entre si, e com boa representatividade campestre na paisagem;
- **Quadrante 4.** agrupa 167 hexágonos com coordenadas negativas nos dois eixos (--), que possuem as seguintes características: fragmentos muito grandes, com o melhor índice de forma, mas a pior densidade de borda, pouco distantes entre si, e com a maior representatividade campestre na paisagem;



Por suas características, os hexágonos do quadrante 4 foram selecionados para compor os corredores campestres da região.

5.2.2. Formação Savânica

Os resultados da análise de componentes principais sobre a matriz de correlação de *Pearson* entre as métricas da paisagem calculadas para os 1080 hexágonos com formação savânica estão apresentados na tabela 5 e nas Figuras 21 e 22.

Os dois primeiros eixos explicaram 64% da variação encontrada nas métricas da paisagem savânica. Esses eixos possuem autovalores superiores a 1 e foram interpretados ecologicamente. O terceiro eixo, embora também possua autovalor próximo a 1, tem pouca representatividade ecológica e não foi interpretado. Os demais eixos, cujas variações podem ser devidas ao acaso, também foram eliminados (Figura 21).

O primeiro eixo (42% da variância) foi formado principalmente pela contribuição das métricas *land* (% total da paisagem ocupada pelos campos), *awmsi* (forma dos fragmentos), *ed* (densidade de borda dos fragmentos) e *mps* (tamanho dos fragmentos). Todas essas métricas tiveram cargas com o mesmo sinal (negativa), evidenciando influências diretamente proporcionais na formação desse eixo. Com carga positiva, e influência oposta às outras, também influenciou a formação do primeiro eixo a métrica *Mnn* (distância do vizinho mais próximo). Esse eixo foi interpretado como refletindo a *arquitetura da paisagem* e seu *espaçamento*. (Tabela 5).

O segundo eixo (23% da variância) foi formado principalmente pela contribuição das métricas *nump* (número total de fragmentos) e *tla* (áreas do fragmentos), ambas com cargas com o mesmo sinal (positiva), evidenciando influências diretamente proporcionais na formação desse eixo. Como esse conjunto de variáveis descreve, sobretudo, a cobertura da paisagem, esse eixo de ordenação foi interpretado como *tal* (Tabela 5).



Tabela 5. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação savânica, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as porcentagens da variância de cada eixo.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Mnn	0.37093	-0.29596	-0.15505	-0.69574	0.515449	0.02978	-0.01202
Tla	-0.03405	0.435598	-0.74199	-0.10958	-0.1134	0.401517	0.269192
Nump	-0.03975	0.727948	0.070389	0.039468	0.531914	-0.30626	-0.29201
Mps	-0.33085	-0.38122	-0.4438	0.399225	0.450851	-0.3585	0.238917
Ed	-0.47212	0.119885	0.444754	-0.22422	0.241005	0.233583	0.634038
Awmsi	-0.47969	0.028836	-0.15395	-0.53933	-0.38329	-0.54576	-0.09863
Land	-0.54517	-0.17949	-0.04466	-0.04297	0.173949	0.512997	-0.61099
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Proporção da Variância	0.4151	0.2271	0.1689	0.09285	0.06332	0.02262	0.01015
Proporção cumulativa	0.4151	0.6422	0.8111	0.90391	0.96723	0.98985	1

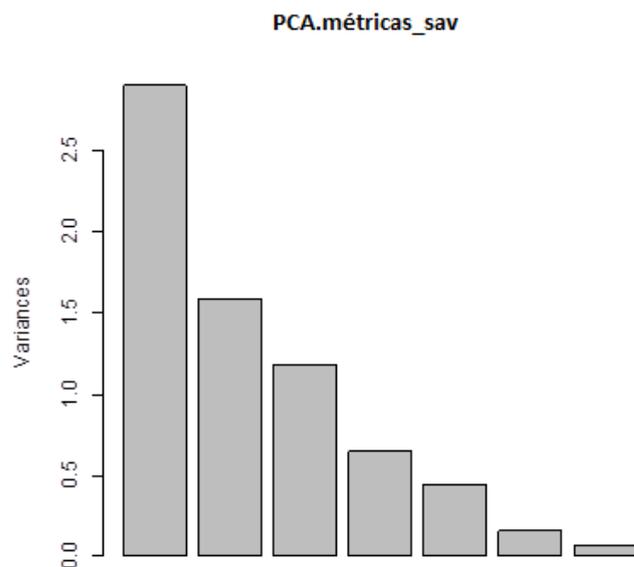


Figura 21. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação savânica.



A posição no hiperespaço (coordenadas) ocupada pelos 1080 hexágonos (fragmentos da formação savânica) em relação aos dois eixos principais de ordenamento é apresentada por meio de um gráfico na Figura 22. O gráfico apresenta também a direção e magnitude de influência das principais métricas para a formação desses eixos.

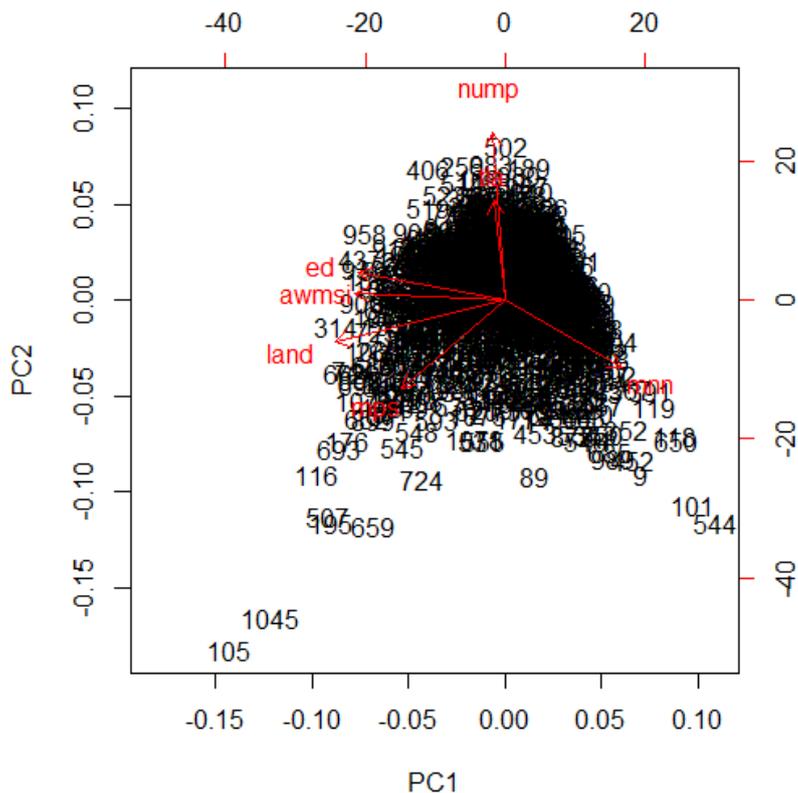


Figura 22. Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (PCA) considerando a formação savânica.

Por esse gráfico, fica evidente o posicionamento de grupos de fragmentos nos quatro quadrantes. Como em cada quadrante a influência das métricas é distinta, os fragmentos agrupados em cada quadrante possuem características distintas em relação àquelas métricas. O passo seguinte consistiu em selecionar o grupo de fragmentos (quadrante) com características mais adequadas para a formação de corredores ecológicos.

Para interpretação desses padrões, foram construídos gráficos do tipo *box-plots* para as principais métricas que influenciaram a formação dos dois primeiros eixos de ordenamento, com valores discriminados para cada quadrante (Figuras 23, 24, 25 e 26).

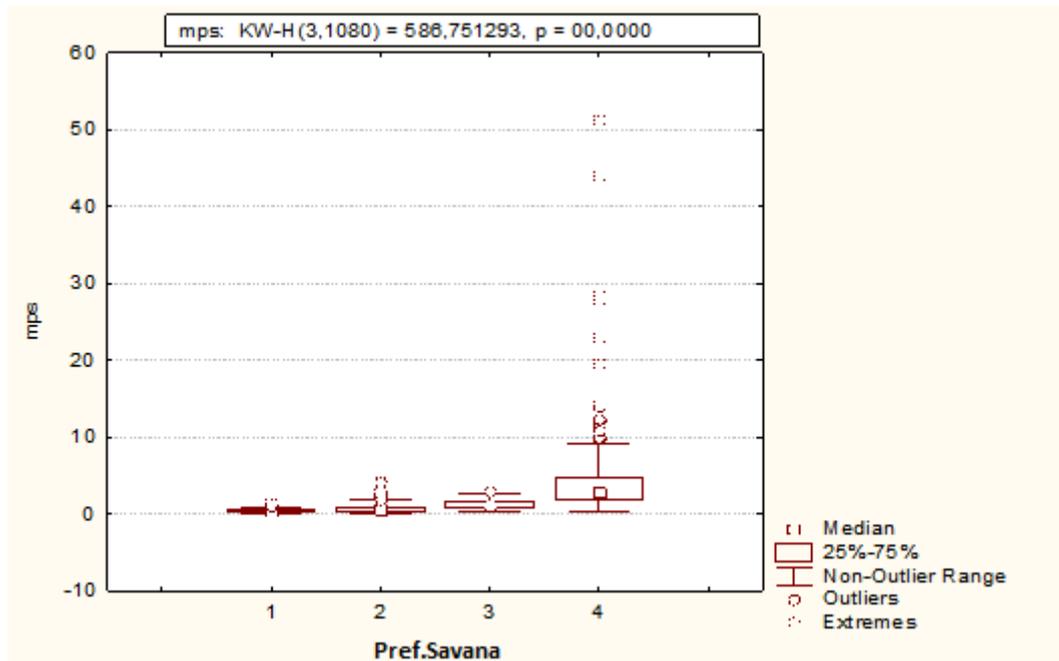


Figura 23. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica tamanho médio dos fragmentos florestais (Mps), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

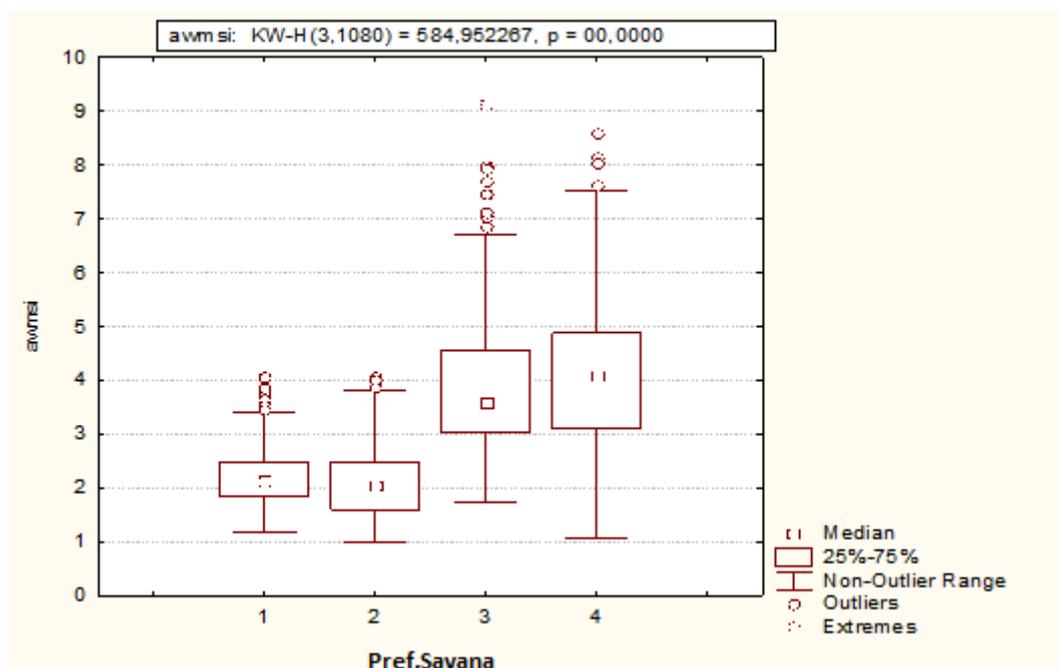


Figura 24. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica forma dos fragmentos florestais (awmsi), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

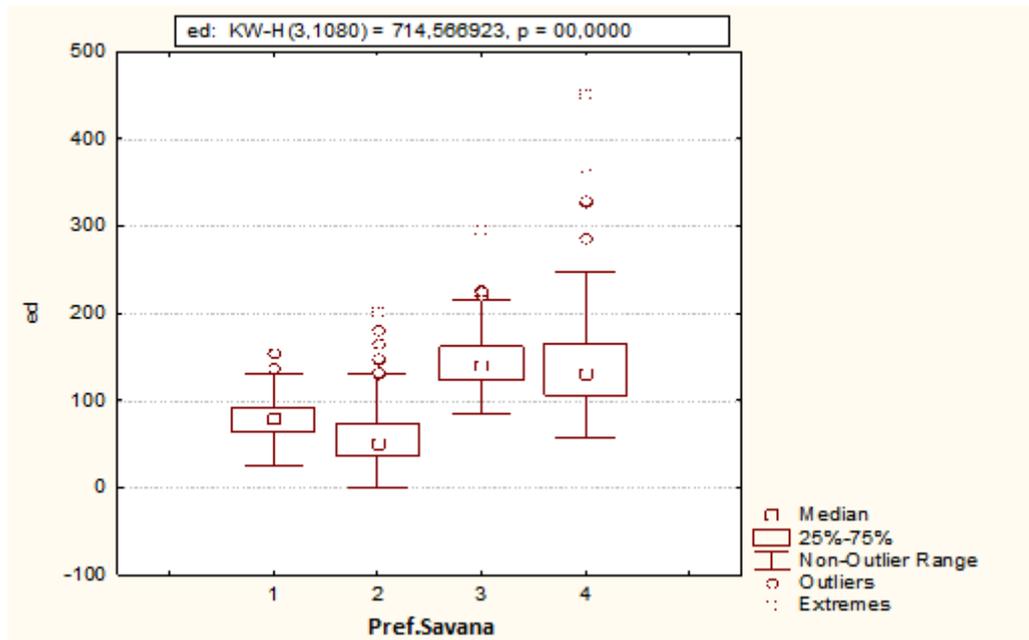


Figura 25. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica densidade de borda dos fragmentos florestais (Ed), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

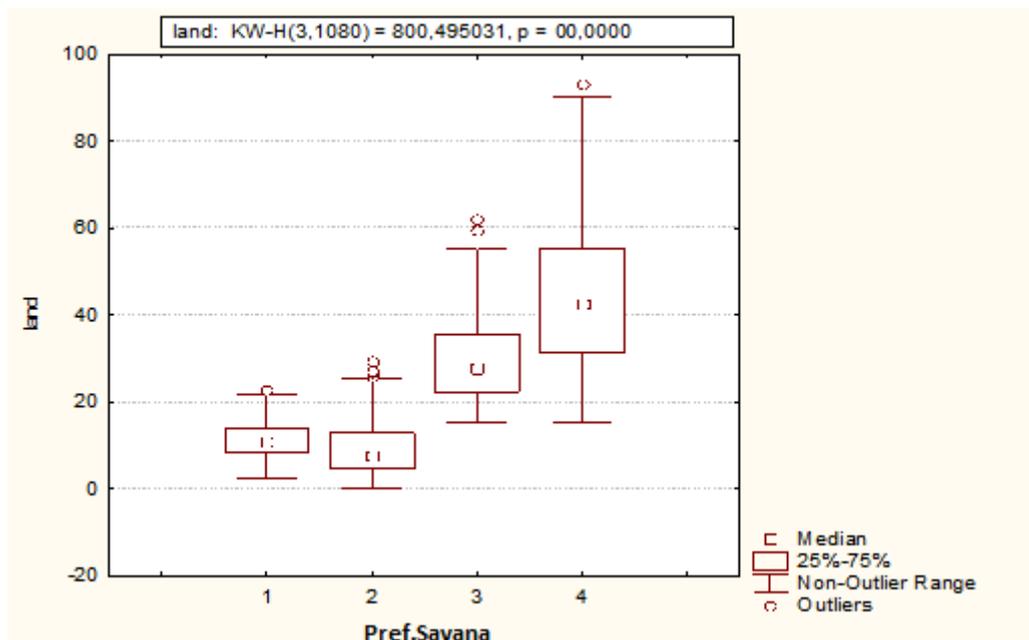


Figura 26. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica percentagem total da paisagem ocupada por formação florestal (Land), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).



O exame conjunto desses gráficos revela os seguintes padrões:

- **Quadrante 1.** agrupa 316 hexágonos com coordenadas positivas nos dois eixos e que possuem as seguintes características: fragmentos pequenos, com bom índice de forma, mas distâncias razoáveis entre si, densidade de borda relativamente alta, e com baixa representatividade savânica na paisagem;
- **Quadrante 2.** agrupa 285 hexágonos com coordenadas positivas no primeiro eixo e negativas no segundo eixo (+-), que possuem as seguintes características: fragmentos pequenos, com índice de forma muito bom, e com a mais baixa densidade de borda, e com a menor representatividade savânica na paisagem;
- **Quadrante 3.** agrupa 282 hexágonos com coordenadas negativas no primeiro eixo e positivas no segundo eixo (-+), que possuem as seguintes características: fragmentos grandes, com índice de forma muito bom, mas com alta densidade de borda, as menores distâncias entre si, e com boa representatividade na paisagem savânica;
- **Quadrante 4.** agrupa 207 hexágonos com coordenadas negativas nos dois eixos (--), que possuem as seguintes características: fragmentos muito grandes, com o melhor índice de forma, mas densidade de borda muito alta, pouco distantes entre si, e com a maior representatividade savânica na paisagem;

Por suas características, os hexágonos do quadrante 4 foram selecionados para compor os corredores savânicos da região.

5.2.3. Formação Florestal

Os resultados da análise de componentes principais sobre a matriz de correlação de *Pearson* entre as métricas da paisagem calculadas para os 1086 hexágonos com formação florestal estão apresentados na tabela 6 e nas figuras 27 e 28.

Os dois primeiros eixos explicaram 55% da variação encontrada nas métricas da paisagem florestal. Esses eixos possuem autovalores superiores a 1 e foram interpretados ecologicamente. Os demais eixos, cujas variações podem ser devidas ao acaso, foram eliminados (Figura 27).

O primeiro eixo (33% da variância) foi formado principalmente pela contribuição das métricas nump (número total de fragmentos) e ed (densidade de borda dos fragmentos), ambas com cargas negativas, além de mps (tamanho dos fragmentos) e land (% total da paisagem ocupada pelos campos), com cargas positivas, e portanto,



efeitos opostos àquelas. Esse eixo foi interpretado como refletindo a arquitetura e cobertura da paisagem (Tabela 6).

O segundo eixo (22% da variância) foi formado principalmente pela contribuição das métricas tla (área do fragmentos) e awmsi (forma dos fragmentos), ambas com cargas com o mesmo sinal (positiva), evidenciando influências diretamente proporcionais na formação desse eixo. Como esse conjunto de variáveis também descreve a cobertura e a arquitetura da paisagem, esse eixo de ordenação foi interpretado como tal (Tabela 6).

Tabela 6. Autovetores das sete métricas da paisagem em cada componente principal para a formação florestal, com destaque para as métricas que mais influenciaram na formação dos eixos de ordenação, e para as percentagens da variância de cada eixo.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Mnn	-0.1602	-0.0704	-0.4623	0.8215	-0.2774	0.0515	-0.0330
Tla	0.2333	0.7125	-0.0510	0.0041	-0.1733	-0.1538	-0.6177
Nump	-0.5016	0.1702	-0.0828	-0.3376	-0.6897	-0.2321	0.2628
Mps	0.5540	-0.0798	-0.0116	-0.1180	-0.5285	0.6171	0.1120
Ed	-0.4173	-0.2782	0.5582	0.1030	-0.1924	0.3030	-0.5454
Awmsi	-0.0691	0.5350	0.5478	0.3700	0.0615	0.1765	0.4870
Land	0.4272	-0.2974	0.4061	0.2229	-0.3118	-0.6450	0.0344
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
Proporção da Variância	0.3253	0.2242	0.1741	0.1342	0.07131	0.05129	0.01968
Proporção cumulativa	0.3253	0.5495	0.7236	0.8577	0.92902	0.98032	1

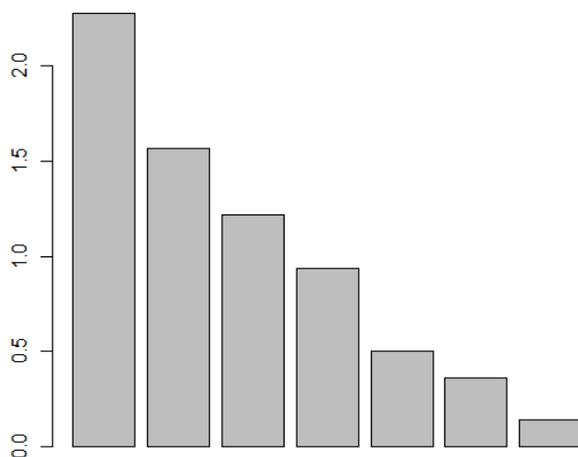


Figura 27. Autovalores dos eixos de ordenamento considerando a formação florestal.

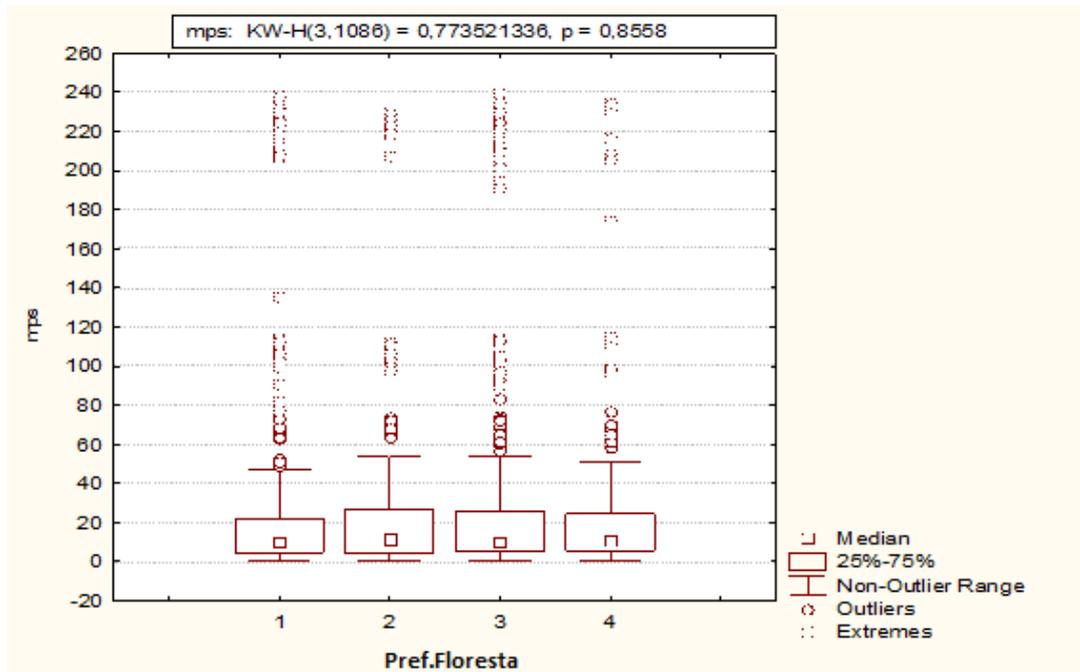


Figura 29. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica tamanho dos fragmentos savânicos (Mps), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).

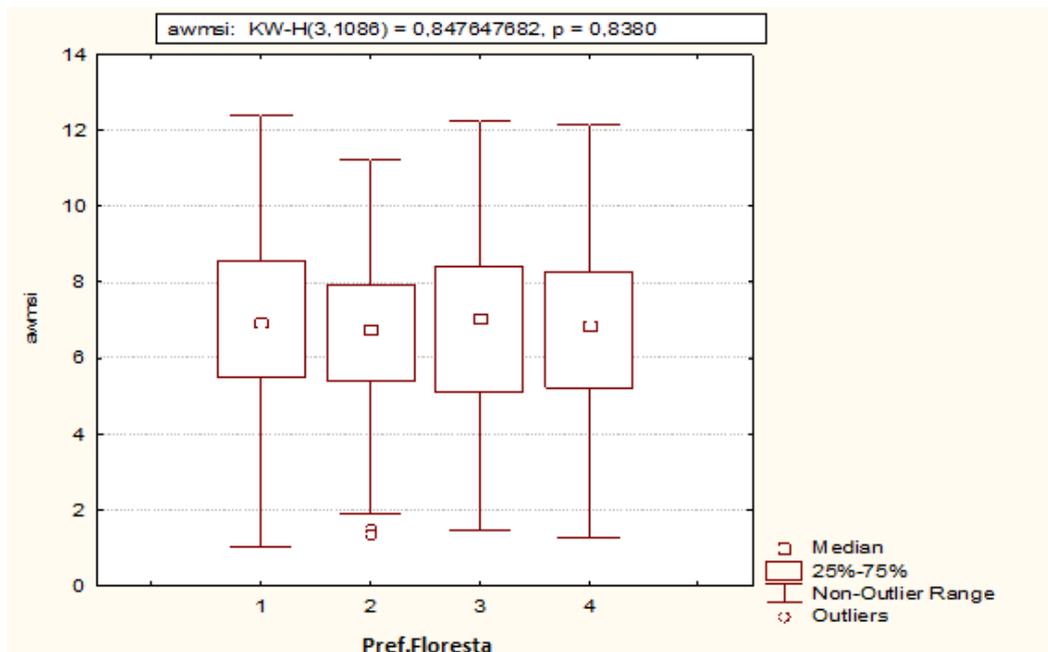


Figura 30. *BoxPlot* dos valores obtidos para a métrica forma dos fragmentos savânicos (awmsi), apresentando a mediana, os valores contidos no intervalo 25%-75%, a barra de amplitude dos dados e a presença de *outliers* (valores fora do intervalo de dados esperado). KW-H (valor para a prova), além do valor de p (probabilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos efeitos dos quatro quadrantes, ou seja, de que as medianas dos quatro quadrantes sejam estatisticamente semelhantes).



O exame conjunto desses gráficos revela os seguintes padrões:

- **Quadrante 1.** agrupa 269 hexágonos com coordenadas positivas nos dois eixos (++) e que possuem as seguintes características: fragmentos muito grandes e com bom índice de forma;
- **Quadrante 2.** agrupa 212 hexágonos com coordenadas positivas no primeiro eixo e negativas no segundo eixo (+-), que possuem as seguintes características: constituem os maiores fragmentos da paisagem e com índice de forma muito bom;
- **Quadrante 3.** agrupa 403 hexágonos com coordenadas negativas no primeiro eixo e positivas no segundo eixo (-+), que possuem as seguintes características: fragmentos muito grandes e com o maior índice de forma;
- **Quadrante 4.** agrupa 202 hexágonos com coordenadas negativas nos dois eixos (--), que possuem as seguintes características: fragmentos muito grandes e com ótimo índice de forma;

Os padrões dos quadrantes, após a análise, revelam-se muito semelhantes. Apesar de o quadrante 3 possuir os melhores indicadores, foi optado pela utilização do quadrante 1 devido às suas características de distribuição no espaço geográfico serem as melhores para comporem corredores.

A distribuição desses hexágonos preferenciais para as formações campestre, savânica e florestal no espaço geográfico, pode ser observada através do mapa a seguir:

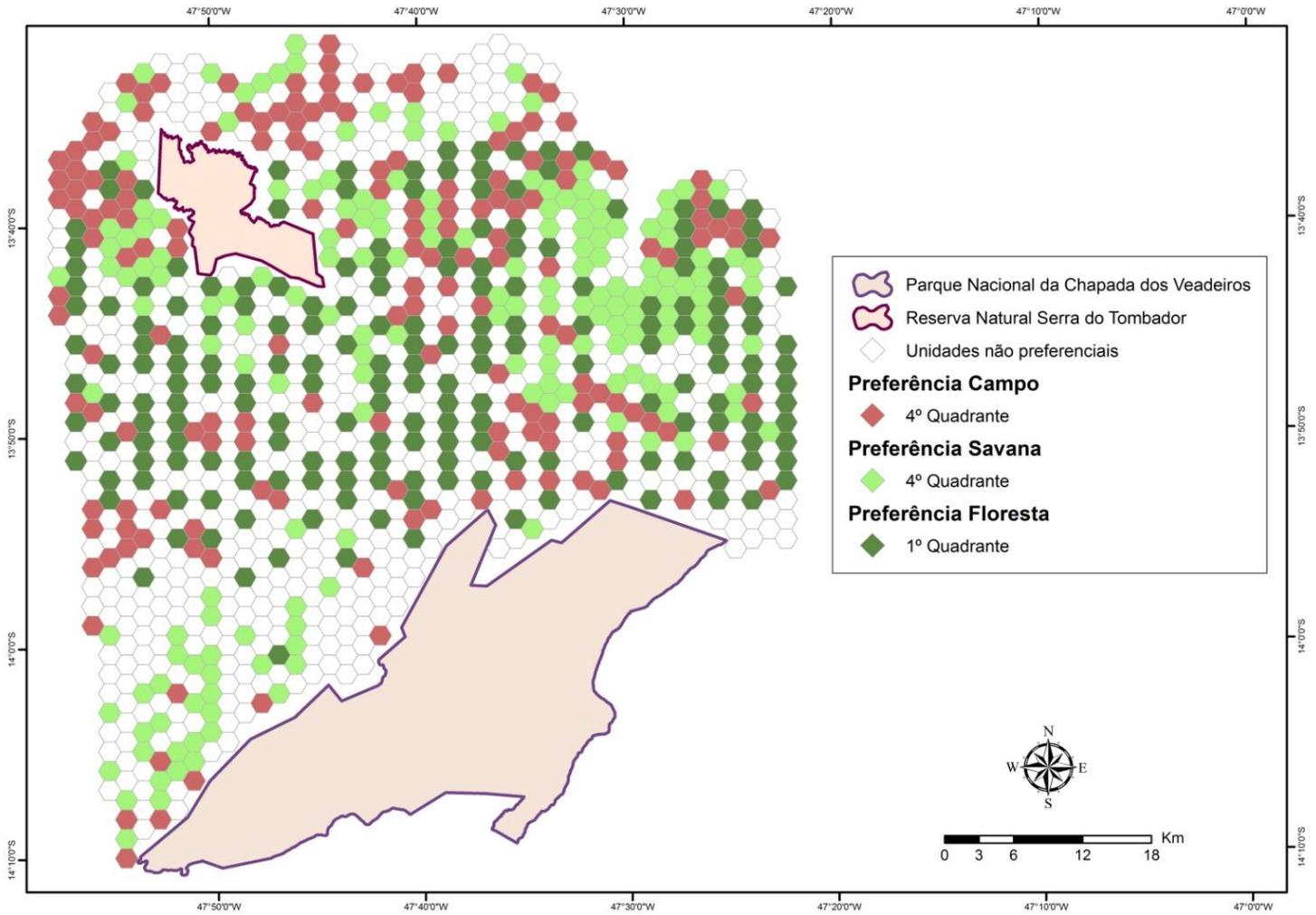


Figura 31. Mapa de hexágonos preferenciais de acordo com as métricas selecionadas para cada formação: campo, savana e floresta.

5.3. Proposta de Corredores Ecológicos

Além das métricas da paisagem e do método estatístico de PCA, foi também utilizado o índice de diversidade biológica de *Shannon*.

Ao cruzar os dados referentes à preferência do quadrante das métricas com o índice de diversidade biológica de *Shannon* maiores que 0,71 (média desse índice), temos um cenário representado no mapa abaixo:

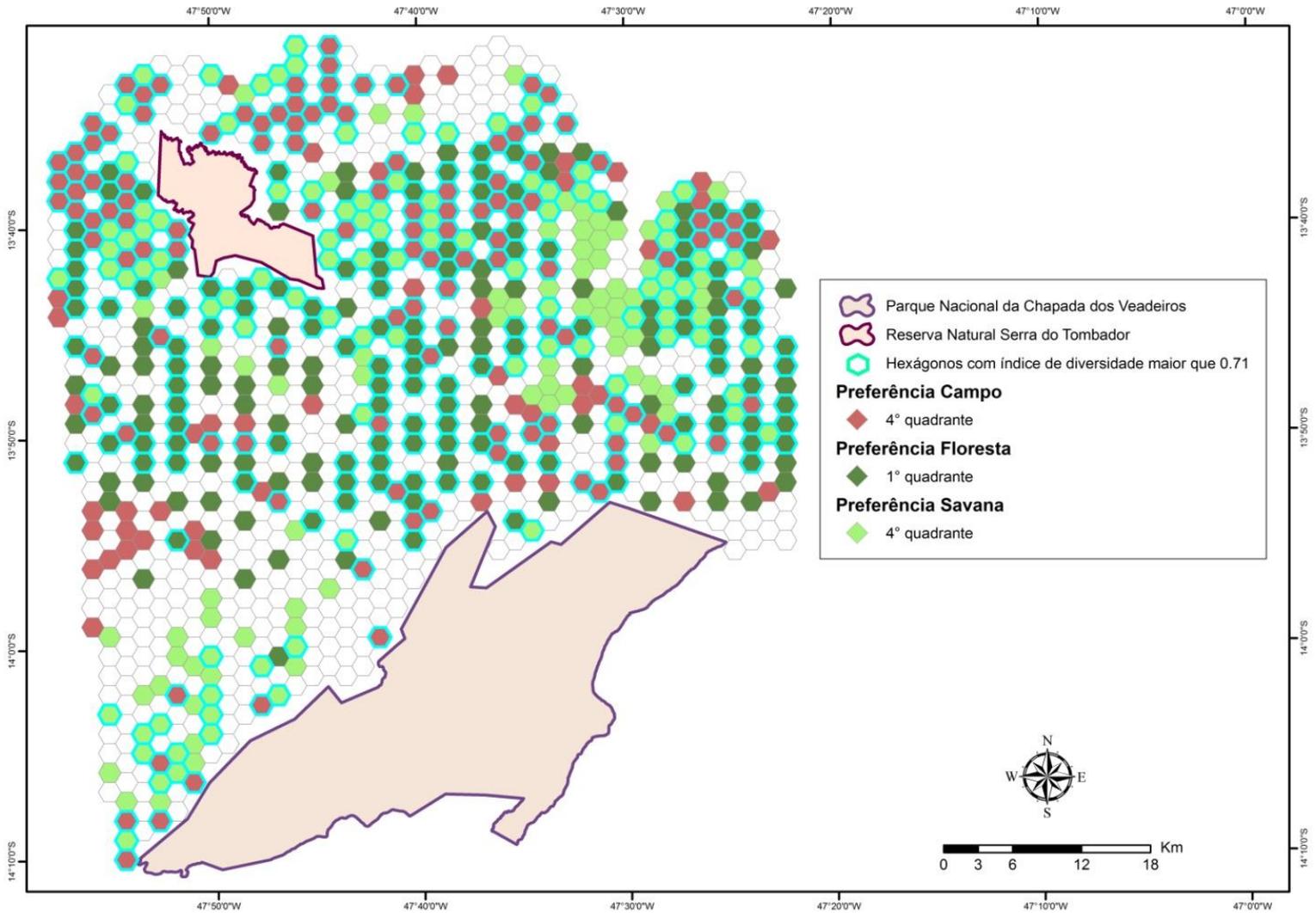


Figura 32. Mapa com os hexágonos preferenciais cruzados com o índice de diversidade de Shannon maior que 0.71

Este mapa é o resultado das unidades de planejamento que possuem uma maior conectividade, representada pelos hexágonos preferenciais para cada tipo de formação, e maior índice de diversidade.

Foram elaborados dois cenários, um considerando as espécies de ambientes fechados e semi-fechados (composto por formações florestais e savânicas), e outro visando às espécies de ambientes abertos (priorizando a formação campestre). Os traçados das linhas correspondentes aos possíveis caminhos de corredores foram feitos manualmente, e foram selecionadas as unidades (hexágonos com a borda verde) em que o traçado percorre, objetivando uma melhor visualização.



Tendo em vista as espécies que habitam formações florestais e savânicas, foi estabelecido como preferência o maior número possível de hexágonos interessantes para ambas formações. Foi considerado como importante o caminho que passasse por hexágonos que possuíssem maior conectividade e diversidade, e o menor número possível de hexágonos que não fossem preferenciais para nenhuma formação, e resultou em dois possíveis caminhos que podem ser observados no mapa abaixo:

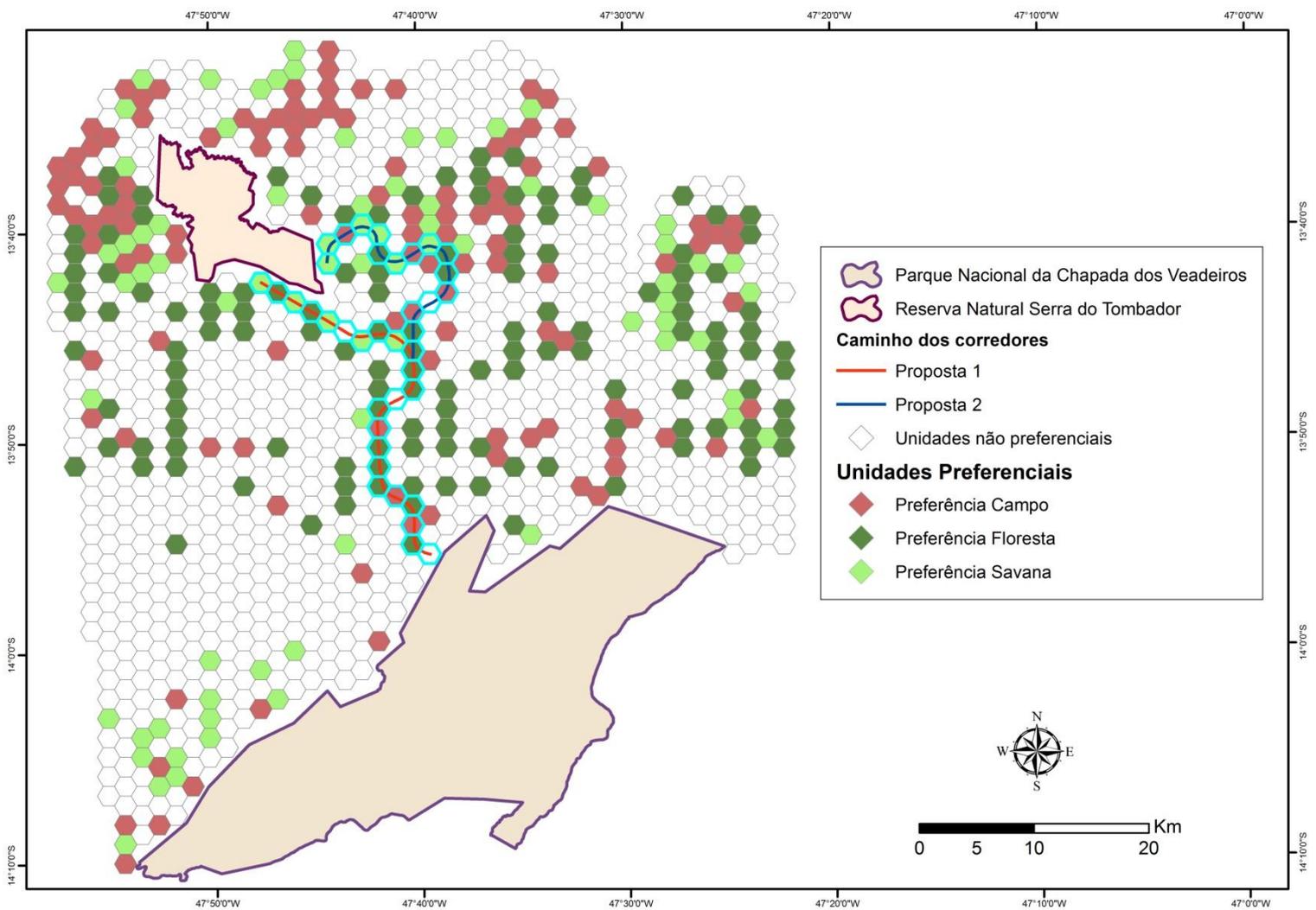


Figura 33. Propostas de caminhos de corredores ecológicos tendo em vista espécies de ambientes fechados e semi-fechados (floresta/mata e savana).



A primeira proposta de traçado ilustrada pelo mapa com o traçado em cor vermelha passou por um total de vinte e três hexágonos. O traçado percorre doze hexágonos com as melhores condições para formações florestais; cinco hexágonos com as melhores condições para formações savânicas; três hexágonos com as melhores condições para a formação campestre, e três hexágonos não interessantes para nenhuma formação. A segunda proposta passa por um total de vinte e nove hexágonos. O caminho traçado percorreu treze hexágonos com as melhores condições para as formações florestais; seis hexágonos com melhores condições para formações savânicas; sete hexágonos com as melhores condições para campo e três hexágonos não interessantes para nenhuma formação. Desta forma, pode-se concluir que a primeira proposta seria a mais adequada, pois o corredor cruza com o maior número possível de hexágonos preferenciais, o menor número possível de hexágonos não interessantes e possui uma distância relativamente menor, o que objetiva um menor custo para o corredor.

Já para as espécies de ambientes abertos (formação campestre) também foi estabelecido como preferencial o maior número possível de hexágonos interessantes (maior conectividade e diversidade entre os fragmentos) para essa formação, e o menor número possível de hexágonos que não fossem preferenciais para nenhuma formação, resultando também em dois diferentes cenários que podem ser observados no mapa abaixo:

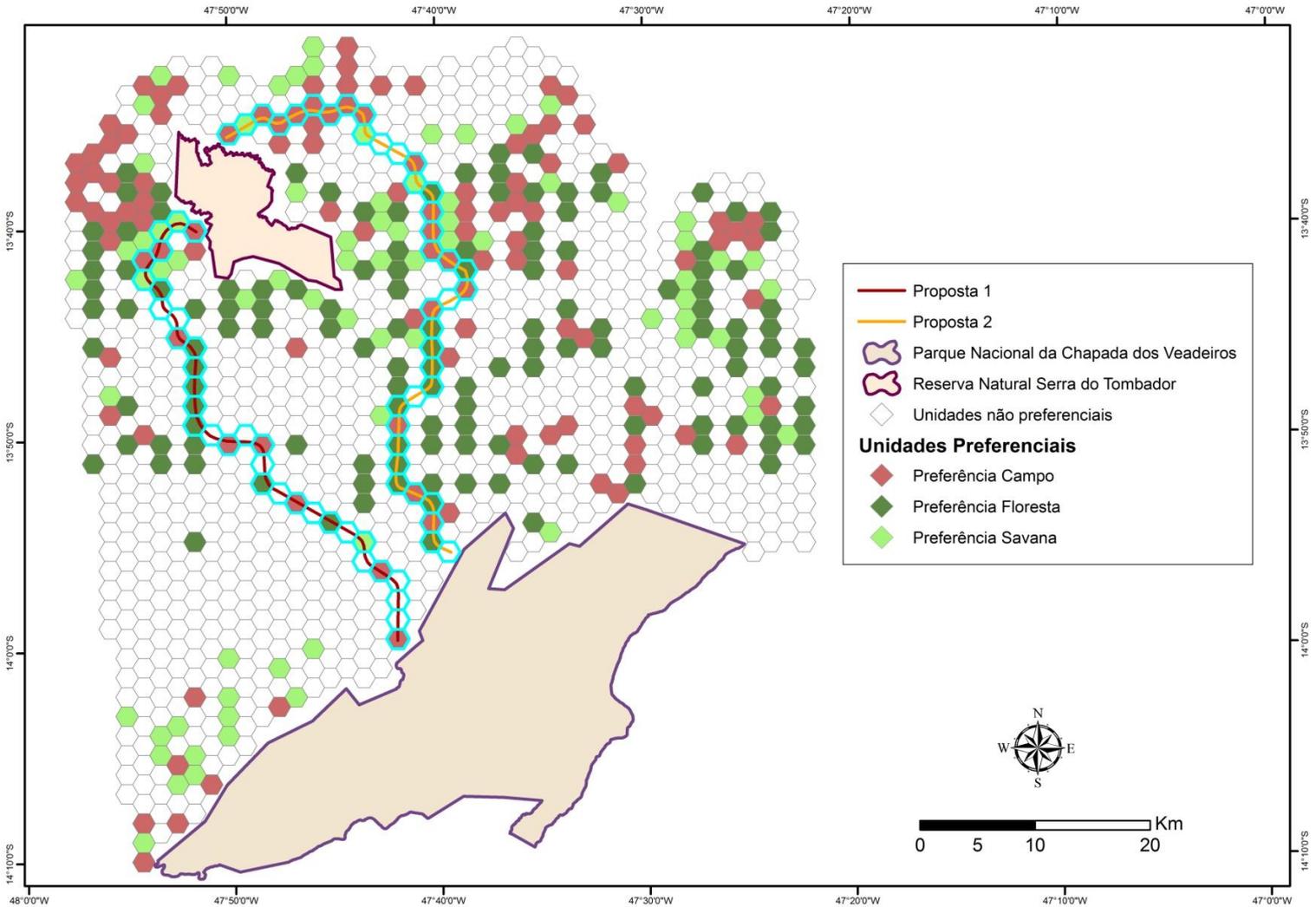


Figura 34. Propostas de traçados para corredores ecológicos tendo em vista espécies de ambientes abertos (formação campestre).

A primeira proposta de traçado para a construção desse corredor possui um total de trinta e três hexágonos. O traçado passa por nove hexágonos que possuem as melhores condições para formações campestres; quatro hexágonos preferenciais para as formações savânicas; oito hexágonos preferenciais para formações florestais e doze hexágonos não interessantes para nenhuma formação. A segunda proposta percorre trinta e oito hexágonos em seu total. O caminho passa por dezoito hexágonos preferenciais para as formações campestres; três hexágonos preferenciais para as formações savânicas; doze hexágonos com condições favoráveis para as formações



florestais e cinco hexágonos não interessantes para nenhuma das formações. Desta forma, concluí-se que a segunda proposta é mais vantajosa por cruzar com menos hexágonos não preferenciais, e maior quantidade de hexágonos preferenciais para espécies de ambientes abertos. Apesar desses critérios a segunda proposta possui um caminho mais longo, que aumenta o custo do corredor. Caso a prioridade do corredor seja somente o menor custo, a primeira proposta é a mais vantajosa, pois possui um caminho mais curto, apesar de possuir um alto número de hexágonos não preferenciais para nenhuma formação e um menor número de hexágonos preferenciais para a formação campestre.

As escolhas dos caminhos foram feitas com base nesses critérios e o traçado foi feito manualmente escolhendo o melhor e menor caminho possível, com o cuidado para este cruzar o menor número possível de áreas desmatadas (uso antrópico) e não cruzar estradas movimentadas. O cenário completo pode ser observado no mapa abaixo:

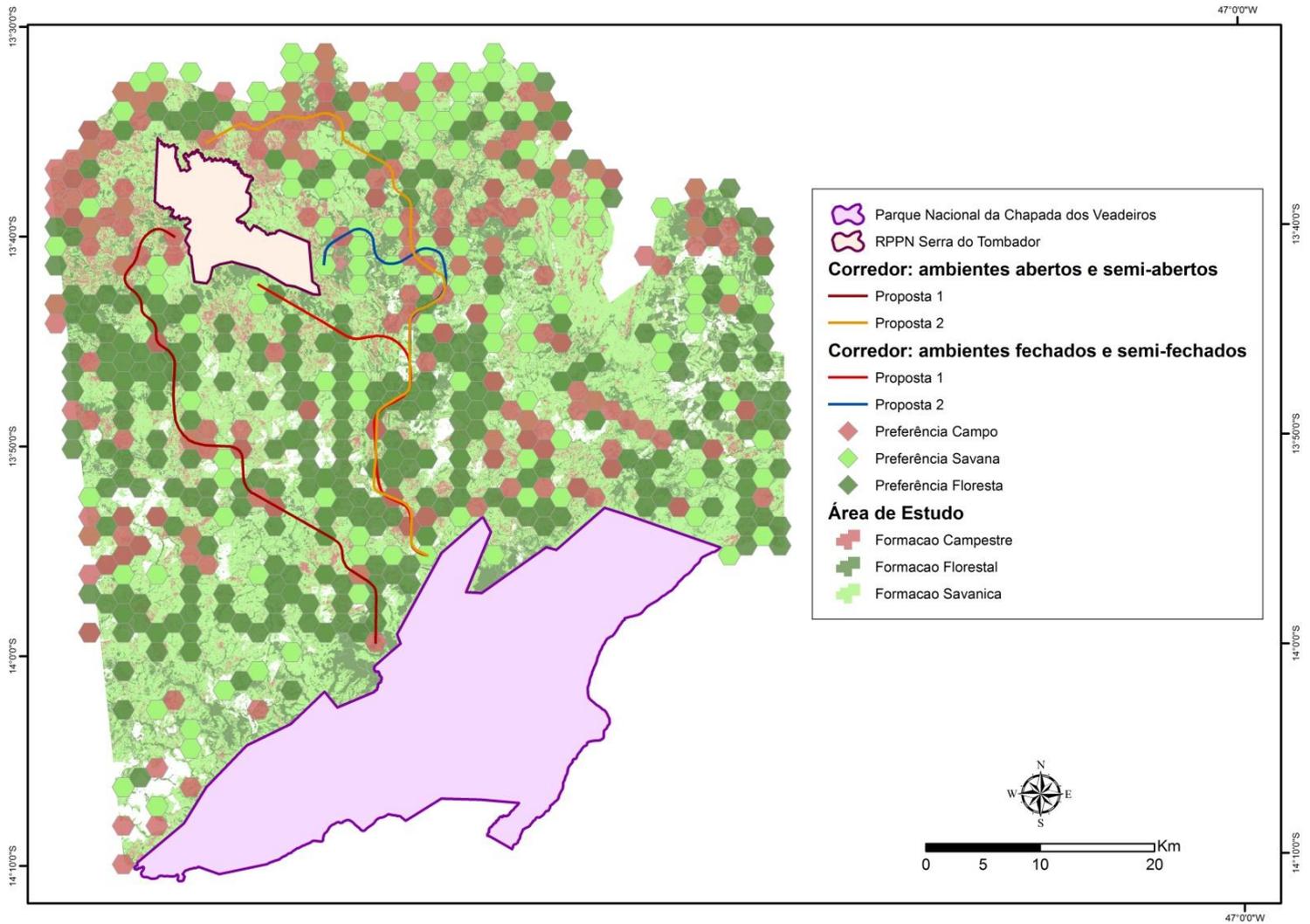


Figura 35. Mapa com os caminhos de corredores ecológicos preferenciais para espécies de ambientes abertos; e fechados e semi-fechados.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei SNUC (BRASIL, 2000) não prevê uma metodologia para a elaboração de corredores, havendo poucas iniciativas de propostas para sua implementação, o que dificulta os estudos na área devido à escassez de dados disponíveis e falta de iniciativa. Desta forma, a construção de um corredor ecológico pode ter diferentes soluções e metodologias, podendo privilegiar uma espécie para estudo ou um grupo funcional de espécies. O presente estudo considerou a construção de um corredor mais genérico, optando por não escolher um grupo de organismos específico. Esta opção foi a mais viável para o estudo devido não necessitar de coleta em campo e ao tempo hábil para a realização do mesmo. Apesar disto, houve a separação de espécies cujo habitat seja campestre, e espécies cujo habitat seja florestal e savânico. Pode-se então observar que para cada tipo de corredor (aberto; fechado e semi-fechado) há uma proposta de traçados diferentes a serem percorridos, dessa forma para privilegiar espécies de todos os tipos de ambientes seria necessário implementar mais de um traçado.

Verificou-se então que as métricas da paisagem são bons indicadores para a construção de corredores ecológicos e se mostraram adequadas para a proposta deste trabalho. Uma possível complementação para o trabalho seria testar um tipo de espécie para cada corredor e complementar com informações sobre a altitude do relevo e um índice de dispersão antrópica, para considerar também as dificuldades de dispersão da espécie de acordo com a geomorfologia do relevo e áreas menos susceptíveis ao desmatamento. O objetivo da metodologia adotada foi propor cenários de corredores com o menor custo possível juntamente com a maior heterogeneidade de ambientes e maior conectividade entre os fragmentos.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. DE S. (ORG) . **De grão em grão, o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF, 1995. p. 66
- BANNET, A. F. **Linkage in the landscape: The role of corridors and Connectivity in the Wildlife Conservation**. Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom: IUCN, 2003. p. 254
- BASTIAN, O. Landscape Ecology: towards a unified discipline? **Landscape Ecology**, v. 16, p. 757-766, 2001.
- BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC**. [s.l.: s.n.].
- CONSTANTINO, R. *et al.* Causas Naturais. In: MMA/SBF (Ed.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. [s.l.] Ministério do Meio Ambiente, 2003. p. 44-63.
- EMBRAPA, C. **No TitleEMBRAPA, Cerrados**. www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/ data: 5 de junho de 2012. acesso em 20 de janeiro de 2013.
- FAHRIG, L.; MERRIAM, G. Habitat patch connectivity and population survival. **Ecology**, v. 66, p. 1762-1768, 1985.
- FARINA, A. Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape. **Kluwer Academic Pub, Holanda**, 2006.
- FONSECA, G. A. B. Corredores de Biodiversidade: o Corredor Central da Mata Atlântica. In: ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. (Ed.). **Corredores Ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2004. .
- FONSECA, G. A. B.; PINTO, L. P. S.; RYLANDS, A. B. **Biodiversidade e unidades de conservação**. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente, Rede Pró-Unidades de Conservação e Instituto Ambiental do Paraná, 1997. p. 189-209
- FORMAN, R. T. T. Land mosaics: the ecology of landscape and regions. **Cambridge University Press**, p. 412-415, 2001.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. **BioScience**, v. 31, n. 10, p. 733-740, 1981.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: Wiley & Sons Ed., 1986.



HAILA, Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. **Ecological Applications**, v. 12, p. 321-334, 2002.

HANSKI, I. S. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. **Metapopulation biology: Ecology, genetics, and evolution**. Academic Press, p. 5-26., 1997.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation biology**. Malden, MA, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

LAURANCE, W. F. BIERREGAARD, R. O. J. Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. **Chicago University Press**, Chicago, p. 616, 1997.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology. Development in Environmental Modelling, 3**. Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company, 1983.

LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing**. [s.l.] John Wiley & Sons, 1988. p. 337

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: [s.n.]. p. 261

MERRIAM, G. Corridors and connectivity: animal populations in heterogeneous environments. *In: Nature conservation 2: the role of corridors*. Chipping Norton, New South Wales, Australia: Surrey Beatty & Sons, 1991. p. 133-142.

METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of South-East Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v. 37, p. 29-35, 1997.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens. **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? *In: KAGEYAMA, P. et al. (Eds.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisa Agrícolas e Florestais - FEPAF, 2003. .

METZGER, J. P. M. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 445-463, 1999.

MITTERMEYER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEYER, C. G. **Hotspots earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. New York: CEMEX Conservation International, 1999.



MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology: theory and application**. New York ed. [s.l.] Springer-Verlag, 1994.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentals of Ecology**. Belmont: Thompson Brooks/Cole, 2004. p. 374 - 405

OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002.

PECK, S. **Planning for Biodiversity: issues and examples**. Washington, D.C.: Island Press, 1998.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. [s.l.] Summerland: Sinauer Associates., 2006.

REMPEL, R. **Patch Analyst 4.0**. Ontario, CA.: 3.0 edn. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Lakehead University Campus, 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina-DF: EMBRAPA-CPAC., [s.d.] .

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. The role of corridor in conservation: what do we know and where do we go? *In*: SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. (Ed.). **Nature Conservation 2: the role of corridors**. [s.l.] Chipping Norton, Surrey Beatty & Sons, 1991. p. 421-427.

SCARIOT, A. **The effects of rain forest fragmentation on the palm community in central Amazonia**. [s.l.] University of California, Santa Barbara., 1996.

SCARIOT, A. *et al.* Vegetação e Flora. *In*: AMBIENTE, M. DO M. (Ed.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 44-63.

SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

SIMBERLOFF, D.; COX, J. Consequences and costs of conservation corridors. **Conservation Biology**, v. 1, p. 63-71, 1987.



SOULÉ, M. E.; GILPIN, M. E. The theory of wildlife corridor capability. *In*: SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. (Eds.). **Nature Conservation 2: the role of corridors**. Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, 1991. p. 3-8.

TAYLOR, P. D. *et al.* Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, v. 68, p. 571–573, 1993.

TAYLOR, P.; L., F.; WITH, K. A. Landscape connectivity: A return to basics. *In*: CROOKS, K. R.; SANJAYAN, M.; (EDS.) (Eds.). **Connectivity Conservation**. Cambridge, United Kingdom.: Cambridge University Press, 2006. p. 29-43.

TROLL, C. Landscape Ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. **Geoforum**, v. 8, p. 43-46, 1971.

TURNER, M. G. Landscape ecology: what is the state of the science? **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 319-344, 2005.

WIENS, J. A.; SCHOOLEY, R. L.; WEEKS, R. D. J. Patchy landscapes ad animal movements: do beetles percolate? **Oikos**, v. 78, p. 257-264, 1997.

WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H.; DOBSON, A. P. Habitat fragmentation in temperate zone. *In*: SOULÉ, M. E. (Ed.). **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. [s.l.] Sunderland: Sinauer, 1986. p. 237-256.