

C&S SIG

*Análise Espacial do Habitat do Lobo
no Noroeste de Portugal*

Helena Isabel Rio Maior Palma de Oliveira

Trabalho de Projecto apresentado como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas
de Informação Geográfica

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
da Universidade Nova de Lisboa

ANÁLISE ESPACIAL DO *HABITAT* DO LOBO NO NOROESTE DE PORTUGAL

Trabalho de Projecto orientado por
Professor Doutor Pedro da Costa Brito Cabral

Novembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Várias são as pessoas e instituições a quem devo um agradecimento que aqui deixo expresso.

À VERANDA e Ventominho por disponibilizarem os dados para a realização deste projecto e pelo apoio logístico à sua concretização.

Ao Professor Doutor Pedro Cabral pela orientação da tese. Por ser um orientador modelo e “em tempo útil” que faz os impossíveis por rápidas respostas ao solicitado, tendo sido esse o factor limitante para ser-me possível levar a bom termo este projecto.

Ao Francisco Álvares por me ter “entregue aos lobos” e por ser o principal responsável por tudo isto. Pelos infundáveis ensinamentos, pela motivação que deposita nos novos projectos, por acreditar, por desacreditar e por tornar sempre a acreditar...!

Ao Grupo Lobo por me ter introduzido ao mundo do lobo e ao Gerês.

À vasta equipa envolvida no trabalho de campo nomeadamente veterinários, biólogos e voluntários. Um agradecimento especial a:

Ricardo Brandão e Nuno Santos porque não existem veterinários mais competentes e porreiros para trabalhar.

Mónia Nakamura por aguentar de bom grado o “barco” sempre que eu “saí de cena” por razões de mestrado.

Ao Joaquim Reis por tornar mais agradável a recta final deste mestrado. Pelas dicas, pelas longas discussões, por questionar, por apoiar, por ajudar, por ser assim...

À Carla Marques, (cá estamos nós outra vez!) pela ajuda nos desenhos e por ser uma amiga daquelas.

Ao Hugo Costa por toda a ajuda ao longo do mestrado, por estar sempre disponível, pelas suas crónicas e pela amizade.

À Clara Afonso, por todas as dicas durante estes dois anos e pela organização do encontro SIG-Itália.

Aos piolhitos Manuel e Mafalda porque, sem saberem, são o meu melhor catalisador para tudo e até para fazer teses. Espero que no vosso tempo “pró-Bolonha” estas coisas estejam ainda mais abreviadas!

À minha irmã pela amizade e relação presente que mantemos.

Aos meus pais, a quem dedico esta tese e tudo o que (de bem) faço (ou tento fazer). Por existirem e por me apoiarem em tudo.

ANÁLISE ESPACIAL DO *HABITAT* DO LOBO NO NOROESTE DE PORTUGAL

RESUMO

Um dos problemas que Portugal enfrenta, em termos de conservação, é a ameaça de extinção do seu maior carnívoro – o lobo. Embora o lobo seja dos carnívoros mais estudados, estudos acerca da sua mobilidade e dos padrões de utilização do seu território são escassos. No âmbito deste projecto pretende-se: (1) monitorizar lobos com recurso a telemetria GPS; (2) elaborar modelos de custo que representem os factores que afectam a deslocação dos lobos na área de estudo e (3) analisar a selecção do *habitat* por parte de lobos marcados com colar GPS. Foram monitorizados três lobos obtendo-se um total de 5835 localizações. Foram elaborados modelos de custo para o lobo que permitiram modelar o *habitat* do lobo em função de factores fisiográficos, antropomórficos e de cobertura vegetal. Os modelos foram validados recorrendo às localizações dos lobos. Para o estudo de selecção do *habitat* recorreu-se a uma análise de *Clusters* através de uma rede neuronal artificial, em particular, o *self-organizing map*. Os resultados obtidos revelaram diferenças entre os lobos marcados relativamente à selecção do *habitat*, nomeadamente na utilização que fazem em função das distâncias percorridas. Por outro lado, demonstraram selectividades transversais aos três lobos, destacando-se o afastamento de factores de perturbação humana.

ANÁLISE ESPACIAL DO *HABITAT* DO LOBO NO NOROESTE DE PORTUGAL

ABSTRACT

One of the conservation problems faced by Portugal is the threat of extinction of its largest carnivore, the wolf. Although the wolf is one of the most studied carnivores, studies about its mobility, factors affecting this mobility and territory use patterns are scarce. The aims of this Project are: (1) to monitor wolves using GPS telemetry; (2) Design cost models that represent the factors that affect the movements of wolves in the study area and allow anticipating their preferred routes; (3) to analyze the habitat selection of wolves monitored using GPS radio-tracking. Three wolves were monitored resulting in 5835 point-locations. Two cost models were designed for the wolf, one adequate for daytime and another for the nocturnal period. These models of the wolf habitat incorporated physiographic factors, vegetation cover and human factors. The models were validated using real locations of wolves. A *Cluster* analysis, using an artificial neural network, and in particular, the *self-organizing map*, was used to study the *habitat* selection. The results showed some differences of *habitat* selection between wolves, namely in a differential use as a function of the traveled distance. Some selection factors were similar between wolves, in particular the tendency to avoid human disturbance factors.

PALAVRAS-CHAVE

Área vital

Canis lupus

Distâncias de custo

Self-Organizing Maps

Sistemas de Informação Geográfica

Telemetria GPS

KEYWORDS

Home range

Canis lupus

Cost distance

Self-Organizing Maps

Geographic information systems

GPS telemetry

ACRÓNIMOS

COS'90 – Carta de ocupação do solo de 1990

SOM – Self-organizing maps

SIG – Sistemas de informação geográfica

MDE – Modelo digital de elevação

GPS – Global positioning system

ÍNDICE DO TEXTO

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
PALAVRAS-CHAVE	v
KEYWORDS	v
ACRÓNIMOS	vi
ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.2. OBJECTIVOS.....	3
1.3. HIPÓTESES.....	3
1.4. ESTRUTURA DA TESE.....	4
CAPÍTULO II – TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADOS AO ESTUDO DO LOBO E DO SEU <i>HABITAT</i>	6
2.1. INTRODUÇÃO	6
2.2 DA RÁDIO-TELEMETRIA À TELEMETRIA GPS	6
2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	7
2.3.1. MODELO DE DADOS VECTORIAL.....	9
2.3.2. MODELO DE DADOS MATRICIAL OU <i>RASTER</i>	10
2.3.3. MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO	10
2.4 ANÁLISE ESPACIAL, DESCOBERTA DE CONHECIMENTO E <i>DATA MINING</i>	11
2.5. MODELAÇÃO ESPACIAL	14
2.6 CONCLUSÃO.....	14
CAPÍTULO III – MARCAÇÃO E SEGUIMENTO DE LOBOS POR GPS NO NOROESTE DE PORTUGAL	15
3.1. INTRODUÇÃO	15
3.2. ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.3. METODOLOGIA PARA RECOLHA DOS DADOS.....	17
3.3.1. PROGRAMAÇÃO DOS COLARES GPS	17
3.3.2. CAPTURAS	17
3.4. RESULTADOS.....	18

3.5. CONCLUSÃO.....	19
CAPÍTULO IV – MODELAÇÃO DO HABITAT DO LOBO	20
4.1. INTRODUÇÃO	20
4.2. MÉTODOS	21
4.2.1. VARIÁVEIS	22
4.2.2. PONDERAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	25
4.2.3. VALIDAÇÃO DOS MODELOS	27
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.3.1. MODELOS.....	29
MODELO DIURNO.....	29
MODELO NOCTURNO	30
4.3.2. VALIDAÇÃO DOS MODELOS	31
MODELO DIURNO.....	31
MODELO NOCTURNO	34
4.4 CONCLUSÃO.....	38
CAPÍTULO V – SELECÇÃO DO HABITAT PELO LOBO	39
5.1. INTRODUÇÃO	39
5.2. MÉTODOS	41
5.2.1. VARIÁVEIS	41
5.2. 2 CAMINHO DE MENOR CUSTO PONDERADO	41
5.2. 3 ANÁLISE DE CLUSTERS.....	47
5.2.3.1. PRÉ-PROCESSAMENTO	47
5.2.3.2. O SELF-ORGANIZING MAP COMO FERRAMENTA NA ANÁLISE DE CLUSTERS.....	48
5.2.3.3. ANÁLISE POST-HOC.....	50
5.2.3.4. ANÁLISE ESPACIAL	50
5.2. 4 ANÁLISE COMPARATIVA.....	50
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.3.1. CAMINHO DE MENOR CUSTO PONDERADO	51
5.3.2. ANÁLISE DE CLUSTERS.....	53
5.3.2.1. LOBO #4363	53
▪ PERÍODO DIURNO	53
▪ PERÍODO NOCTURNO	56
5.3.2.2. LOBO #4364	60

▪ PERÍODO DIURNO	60
▪ PERÍODO NOCTURNO	64
5.3.2.3. LOBO #4363-B.....	67
▪ PERÍODO DIURNO	67
▪ PERÍODO NOCTURNO	71
5.3.3. ANÁLISE COMPARATIVA	74
▪ PERÍODO DIURNO	74
▪ PERÍODO NOCTURNO	75
5.3.4. ANÁLISE ESPACIAL	75
5.3.4.1. LOBO #4363	76
▪ PERÍODO DIURNO	76
▪ PERÍODO NOCTURNO	77
5.3.4.2. LOBO #4364	77
▪ PERÍODO DIURNO	77
▪ PERÍODO NOCTURNO	78
5.3.4.3. LOBO #4363-B.....	79
▪ PERÍODO DIURNO	79
▪ PERÍODO NOCTURNO	80
5.4. CONCLUSÃO.....	81
CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	91
ANEXO 1 – VARIÁVEIS DE <i>INPUT</i> NOS MODELOS	92
ANEXO 2 – MATRIZES DE U E AGRUPAMENTO DE <i>CLUSTERS</i>	109
ANEXO 3 – TESTE DE TUKEY APLICADO AOS <i>CLUSTERS</i>	112
ANEXO 4 – TESTE DE TUKEY APLICADO AOS LOBOS	120
ANEXO 5 – COMPARAÇÃO DE CADA VARIÁVEL POR LOBO.....	122

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Informação recolhida necessária à obtenção das variáveis de <i>input</i> nos modelos.	22
Tabela 2: Análise pericial para atribuição de valores de custo às classes de uso do solo.	24
Tabela 3: Ponderação das variáveis de <i>input</i> no modelo resultantes da média das cotações atribuídas pelos cinco especialistas inquiridos.....	26
Tabela 4: Número de píxeis presentes no modelo de custo diurno para cada classe de custo.	32
Tabela 5: Número de localizações dos três lobos marcados obtidas para cada classe de custo e em função da distância percorrida pelos lobos, durante o período diurno.	33
Tabela 6: Número de píxeis presentes no modelo de custo nocturno para cada classe de custo.	35
Tabela 7: Número de localizações dos três lobos marcados obtidas para cada classe de custo e em função da distância percorrida pelos lobos, durante o período nocturno.	36
Tabela 8: Dimensão da matriz de dados $n \times l$	52
Tabela 3.1: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4363, durante o período diurno.....	112
Tabela 3.2: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4363, durante o período nocturno.	113
Tabela 3.3: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4364, durante o período diurno.....	115
Tabela 3.4: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4364, durante o período nocturno.	116
Tabela 3.5: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4363-B, durante o período diurno	118
Tabela 3.6: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro <i>Clusters</i> obtidos para o lobo #4363-B, durante o período nocturno.	119
Tabela 4.1: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os três lobos, durante o período diurno.	120
Tabela 4.2: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os três lobos, durante o período nocturno.	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da tese.....	5
Figura 2: Área de estudo.....	16
Figura 3: Manipulação, monitorização e marcação de lobos com colar GPS.....	18
Figura 4: Localizações obtidas para os três lobos marcados com colar GPS.....	19
Figura 5: Diagrama representativo do processo conceptual de atribuição de ponderações	26
Figura 6: <i>Raster</i> de custo final resultante da adição dos <i>rasters</i> ponderados.....	27
Figura 7: Modelo de Custo para o lobo durante o período diurno.....	29
Figura 8: Modelo de Custo para o lobo durante o período nocturno.....	30
Figura 9: Regressão linear simples aplicada aos valores de custo diurnos obtidos para as localizações dos lobos marcados, em função da distância mínima percorrida pelos lobos.....	31
Figura 10: Frequências absoluta e relativa dos diferentes níveis de custo para as localizações dos lobos, durante o período diurno.....	32
Figura 11: Frequência relativa dos valores de custo para cada classe de distância percorrida pelos lobos durante o período diurno.....	34
Figura 12: Regressão linear simples aplicada aos valores de custo nocturnos obtidos para as localizações dos lobos marcados, em função da distância mínima percorrida pelos lobos.....	35
Figura 13: Frequências absoluta e relativa dos diferentes níveis de custo para as localizações dos lobos, durante o período nocturno.....	36
Figura 14: Frequência relativa dos valores de custo para cada classe de distância percorrida pelos lobos durante o período nocturno.....	37
Figura 15: Diagrama representativo do processo conceptual de atribuição de ponderações...	43
Figura 16: <i>Raster</i> de custo final resultante da adição dos <i>rasters</i> ponderados.....	43
Figura 17: Fórmulas de cálculo do custo das ligações verticais e horizontais pela extensão <i>Cost Distance</i>	44
Figura 18: Fórmulas de cálculo do custo das ligações diagonais pela extensão <i>Cost Distance</i>	44
Figura 19: Início do processo do cálculo de atravessamento pela extensão <i>Cost Distance</i> .	45
Figura 20: Continuação do processo de cálculo do custo de atravessamento pela extensão <i>Cost Distance</i>	46
Figura 21: Continuação do processo de cálculo do custo de atravessamento pela extensão <i>Cost Distance</i>	46
Figura 22: Superfície de distância de menor custo à variável “tecido urbano”.....	52
Figura 23: Superfície de direcção de menor custo à variável” tecido urbano”.	52
Figura 24: Número de registos por <i>Cluster</i> para o lobo #4363 durante o período diurno....	53
Figura 25: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4363 durante o período diurno	56
Figura 26: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4363 durante o período diurno.....	56

Figura 27: Número de registos por <i>Cluster</i> do lobo #4363 durante o período nocturno.....	57
Figura 28: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4363 durante o período nocturno	59
Figura 29: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4363 durante o período nocturno.....	60
Figura 30: Número de registos por <i>Cluster</i> do lobo #4364 durante o período diurno.....	61
Figura 31: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4364 durante o período diurno	63
Figura 32: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4364 durante o período diurno.....	63
Figura 33: Número de registos por <i>Cluster</i> para o lobo #4364 durante o período nocturno.	64
Figura 34: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4364 durante o período nocturno	66
Figura 35: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4364 durante o período nocturno.....	67
Figura 36: Número de registos por <i>Cluster</i> para o lobo #4363-B durante o período diurno.	68
Figura 37: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4363-B durante o período diurno	70
Figura 38: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4363-B durante o período diurno.....	70
Figura 39: Número de registos por <i>Cluster</i> para o lobo #4363-B durante o período nocturno.	71
Figura 40: Média das variáveis para cada <i>Cluster</i> do lobo #4363-B durante o período nocturno	73
Figura 41: Quantificação das classes de uso do solo por <i>Cluster</i> do lobo #4363-B durante o período nocturno.....	74
Figura 42: Georeferenciação dos registos do lobo #4363 por <i>Cluster</i> , durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	76
Figura 43: Georeferenciação dos registos do lobo #4363 por <i>Cluster</i> , durante o período nocturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	77
Figura 44: Georeferenciação dos registos do lobo #4364 por <i>Cluster</i> , durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	78
Figura 45: Georeferenciação dos registos do lobo #4364 por <i>Cluster</i> , durante o período nocturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	79
Figura 46: Georeferenciação dos registos do lobo #4363-B por <i>Cluster</i> , durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	80
Figura 47: Georeferenciação dos registos do lobo #4363-B por <i>Cluster</i> , durante o período nocturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.	81
Figura 1.1: Variável Declive	92
Figura 1.2: Reclassificação da variável Declive.	93
Figura 1.3: Variável Altitude.....	94
Figura 1.4: Reclassificação da variável Altitude.	95
Figura 1.5: Reclassificação da Carta de Ocupação do Solo	96

Figura 1.6: Reclassificação da variável Uso do Solo para o período diurno.....	97
Figura 1.7: Reclassificação da variável Uso do Solo para o período noturno.	98
Figura 1.8: Rios de ordem 1 e 2 com uma área tampão de 50 metros.....	99
Figura 1.9: Reclassificação da variável rio de ordem 1,2.	100
Figura 1.10: Rios de ordem 3 com uma área tampão de 50 metros.	101
Figura 1.11: Reclassificação da variável rio de ordem 3.	102
Figura 1.12: Trilhos e estradas de terra batida na área de estudo.	103
Figura 1.13: Reclassificação da variável trilhos/estrada de terra batida.	104
Figura 1.14: Estradas asfaltadas com uma área tampão de 55 metros.....	105
Figura 1.15: Reclassificação da variável estradas asfaltadas.	106
Figura 1.16: Tecido urbano com uma área tampão de 50 metros.	107
Figura 1.17: Reclassificação da variável tecido urbano.	108
Figura 2.1: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363 durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”	109
Figura 2.2: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363 durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.	109
Figura 2.3: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4364 durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”	110
Figura 2.4: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4364 durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.	110
Figura 2.5: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363-B durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”	111
Figura 2.6: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363-B durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.	111
Figura 5.1: Valores médios de cada variável por lobo durante o período diurno.	122
Figura 5.2: Valores médios de cada variável por lobo durante o período noturno.	123

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

A perda de biodiversidade é actualmente um assunto amplamente debatido por políticos, cientistas e sociedade civil. Uma das importantes funções que a biodiversidade desempenha prende-se com a estabilidade, funcionamento e sustentabilidade dos ecossistemas que dependem da sua existência. No entanto, e apesar dos recentes esforços de diminuição da perda de biodiversidade, a taxa de extinção das espécies nunca terá atingido níveis tão elevados como no período actual (PRIMACK 1998).

A principal causa das actuais extinções é a destruição, fragmentação e perturbação do *habitat* resultante do rápido crescimento da população humana, com todas as consequências daí resultantes, o que geralmente se traduz numa redução da área de distribuição das espécies. A abordagem multidisciplinar inerente à Biologia da Conservação pretende estabelecer um compromisso entre as prioridades de conservação e as necessidades do Homem (PRIMACK 1998) procurando obter respostas concretas a questões relacionadas com a protecção da biodiversidade. Para tal, devem ser desenvolvidos programas de investigação capazes de fornecer informação de base para que seja possível antecipar, prevenir ou minimizar situações que ponham em causa a diversidade biológica.

Um dos problemas que Portugal enfrenta, em termos de conservação, é a ameaça de extinção do seu maior carnívoro – o lobo (*Canis lupus* L. 1758). A população lupina do Parque Nacional da Peneda-Gerês possui uma enorme importância na conservação do lobo a um nível regional (ÁLVARES 2000; PIMENTA *et al.* 2005). Até à data, e para além de uma continuada monitorização dos grupos familiares, foram desenvolvidos escassos estudos que abordem a sua ecologia espacial e estrutura populacional.

A ocupação espaço-temporal por parte dos mamíferos constitui um fenómeno complexo e dinâmico, no qual influem diversos factores ecológicos e fisiológicos. O conhecimento e compreensão destes fenómenos permitem definir estratégias correctas de conservação, o que se revela de particular importância para espécies e áreas com elevado interesse conservacionista. Embora o lobo seja um dos carnívoros mais estudados (MECH 1970; HARRINGTON & PAQUET 1982; CARBYN *et al.* 1995), estudos acerca da sua mobilidade e dos

factores que a afectam, bem como os padrões de utilização do território são escassos (JEDRZEJEWSKI *et al.* 2001).

O conhecimento profundo destes parâmetros assume-se da maior importância para determinar os factores associados à organização e estrutura social das alcateias, identificar com precisão as áreas de maior importância para a manutenção das alcateias (nomeadamente os locais de reprodução e outros centros de actividade), assim como determinar os padrões de dispersão e do uso do território. O seu conhecimento considera-se prioritário face à crescente perturbação e degradação do *habitat*, a qual pode colocar em perigo a dinâmica e a estabilidade das alcateias aí presentes e, em última análise, da população lupina nas regiões envolventes.

No caso do estudo do lobo, a América do Norte apresenta-se como o melhor exemplo no que se refere à investigação e conservação desta espécie, tanto por possuir um historial de trabalhos prolongado e regular ao longo do tempo, como pela aplicação de técnicas de investigação inovadoras. Na Europa, a Itália, Polónia e Escandinávia têm sido os precursores de trabalhos de investigação. Apesar da vasta bibliografia focada no estudo do lobo, muitas são ainda as lacunas no conhecimento da espécie, nomeadamente na Europa.

Na área da ecologia, os crescentes avanços tecnológicos, como a telemetria por GPS proporcionam conhecimentos de outra forma impossíveis de obter. Apesar de esta técnica envolver a captura de animais, com o inerente risco que daí advém, a evolução dos equipamentos disponíveis no mercado é considerável, sendo o nível e profundidade de informação obtidos, claramente compensatório.

Embora o lobo seja um dos carnívoros mais estudados (MECH 1970; HARRINGTON & PAQUET 1982; CARBYN *et al.* 1995), o conhecimento da sua mobilidade e dos factores que a afectam, bem como os padrões de utilização do território são escassos (JEDRZEJEWSKI *et al.* 2001).

As potencialidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são de extrema importância, tanto no desenho, tratamento e análise espacial dos dados originais como também na posterior visualização dos resultados obtidos. Pretende-se neste trabalho aliar a Ciência e SIG ao estudo da ecologia do lobo.

O presente trabalho foi realizado com base em dados recolhidos no âmbito do “Projecto de Investigação e Conservação do lobo no Noroeste de Portugal” que se encontra actualmente

a decorrer (2006-2010). Este projecto é financiado pela promotora eólica VentoMinho – Energias Renováveis, S.A. e executado pela Associação para Conservação e Divulgação do Património de Montanha, VERANDA e pelo Centro de Investigação em Biodiversidade de Genética da Universidade do Porto (CIBIO-UP). A candidata a mestre é investigadora principal do referido projecto.

1.2. OBJECTIVOS

Constituem objectivos gerais do presente projecto:

1. Monitorizar lobos com recurso a tecnologias inovadoras, tais como os colares GPS, caracterizadas pela possibilidade de obtenção de dados em grande quantidade e de elevada precisão;
2. Elaborar modelos de custo que representem os factores que afectam a deslocação dos lobos na área de estudo e que permitem antecipar as rotas preferencialmente utilizadas pelos lobos;
3. Analisar a selecção do *habitat* por parte de lobos marcados com colar GPS.

1.3. HIPÓTESES

O crescente aumento e complexidade de dados em ecologia tem vindo a impor a necessidade de recorrer a métodos de modelação mais poderosos para a sua análise (GEVREY *et al.* 2006). Nesse sentido, este estudo tem por base algumas hipóteses e/ou premissas, sem as quais não seria possível justificar os seus objectivos:

1. A conservação das espécies e dos seus *habitats* é essencial à manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas;
2. O conhecimento da ecologia comportamental do lobo é fundamental na definição de estratégias para a sua conservação;
3. A utilização de tecnologias GPS na monitorização do lobo constitui a forma mais eficaz de obter conhecimento acerca da eco-etologia das suas populações;
4. As ferramentas de SIG são fundamentais para o estudo da ecologia espacial do lobo;

5. Os métodos tradicionais de estatística clássica são de aplicação inviável a grande parte dos dados utilizados para este estudo devido à autocorrelação e heterogeneidade espacial que apresentam;
6. As ferramentas de *Data Mining* Geo-espacial são fundamentais na determinação do padrão de utilização do *habitat* pelo lobo;
7. Aplicabilidade do conhecimento obtido neste estudo para implementação de medidas de conservação adequadas à conservação da espécie.

1.4. ESTRUTURA DA TESE

A organização desta tese compreende a sua diferenciação em seis capítulos e segue uma abordagem sequencial de obtenção de informação de forma ao cumprimento dos objectivos propostos.

O capítulo I contextualiza a tese permitindo perceber a origem da problemática abordada, os objectivos estabelecidos e as premissas que serviram de base ao seu desenvolvimento.

O capítulo II efectua uma revisão acerca do estado actual do conhecimento no que respeita à utilização dos SIG para o estudo da ecologia espacial do lobo e de outras espécies.

No capítulo III encontra-se a estratégia de amostragem utilizada para a obtenção da amostra de localizações dos lobos utilizada nos capítulos IV, V e VI.

No capítulo IV é efectuada a modelação do *habitat* do lobo tendo como base superfícies de resistência aos seus movimentos. Os modelos obtidos são validados recorrendo à amostra de localizações reais dos lobos marcados por GPS.

Os modelos obtidos no capítulo IV permitem obter as distâncias de menor custo entre todas as localizações reais dos lobos e cada variável ambiental em análise. Desta forma, a selecção do *habitat* por parte dos lobos marcados é aferida recorrendo a redes neuronais artificiais no capítulo V.

O capítulo VI permitirá efectuar uma análise crítica dos resultados obtidos nos vários capítulos desta tese, das metodologias utilizadas e das linhas futuras de investigação nesta área. A figura 1 ilustra a organização geral da tese.

Capítulo I

- Problemática
- Objectivos
- Hipóteses

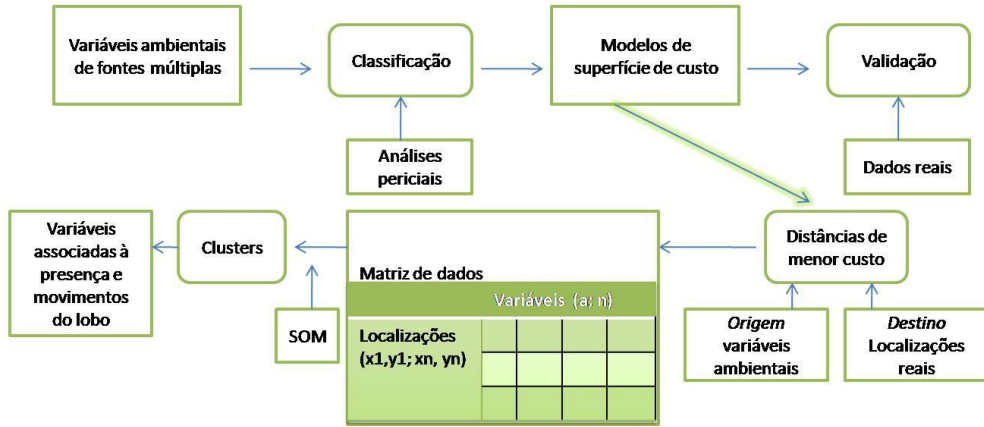
Capítulo II

- Conceitos
- Estado da arte

Capítulo III

- Amostragem

Capítulo IV



Capítulo VI

- Conclusões
- Perspectivas Futuras

Figura 1: Estrutura da tese.

CAPÍTULO II – TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

APLICADOS AO ESTUDO DO LOBO E DO SEU HABITAT

2.1. INTRODUÇÃO

No estudo de espécies como o lobo, que ocorre em baixas densidades e evita a presença humana, torna-se complexo o estudo de aspectos comportamentais e ecológicos. O recente desenvolvimento de novas tecnologias como a telemetria GPS constitui uma das ferramentas mais poderosas na obtenção de informação espaço-temporal acerca das espécies. O seu potencial proporciona bases de dados geo-referenciados de grandes dimensões evidenciando a importância do desenvolvimento de ferramentas capazes de lidar, de forma efectiva, com grande quantidade de dados geo-referenciados. As ferramentas SIG constituem uma enorme mais valia para armazenamento, gestão, visualização e análises exploratórias dos dados. Para além dessas ferramentas existe a necessidade de recorrer a outro tipo de ferramentas capazes de fazer face ao carácter multivariado dos dados geo-referenciados e serem susceptíveis de explorar, relacionar e prever- trata-se do *data mining* geo-espacial. A integração dos SIG e do *data mining* representam uma óptima oportunidade para levar a Análise Espacial a outros níveis de sofisticação promovendo uma exploração mais efectiva das bases de dados disponíveis. É desta abordagem multidisciplinar que trata o presente capítulo.

2.2 DA RÁDIO-TELEMETRIA À TELEMETRIA GPS

Embora o lobo seja um dos carnívoros mais estudados (MECH 1970; HARRINGTON & PAQUET 1982; CARBYN *et al.* 1995), o conhecimento da sua mobilidade e dos factores que a afectam, bem como os padrões de utilização do território são ainda limitados (JEDRZEJEWSKI *et al.* 2001). A generalizada utilização da técnica de rádio-telemetria permite, entre outros aspectos, o conhecimento de padrões de actividade e de utilização do espaço por parte das alcateias (MECH 1970). Esta técnica tem vindo a ser utilizada no estudo do lobo, na América do Norte desde as décadas de 1950/1960 (Mech 1970; FRITTS & MECH 1981; MESSIER 1985; POTVIN 1987; FULLER 1988; FULLER *et al.* 1992 in OKARMA *et al.* 1998). Na Europa, o primeiro estudo realizado com esta técnica decorreu na década de 1970, em Itália (BOITANI 1982).

Mais recentemente, a rádio-telemetria foi aplicada nas populações lupinas ibéricas (PEREIRA *et al.* 1985; MOREIRA 1992; VILA 1993; PIMENTA 1998; ROQUE *et al.* 2001; GRILLO *et al.* 2002; BLANCO & CORTÉS 2007).

A rádio-telemetria possui algumas limitações, nomeadamente no que se refere aos elevados recursos associados (humanos e financeiros) e ao facto de a sua aplicabilidade apenas ser viável em zonas com boas acessibilidades (elevada densidade de estradas e caminhos) (JEDRZEJEWSKI *et al.* 2001). Nesse sentido surgiram recentemente novas técnicas de seguimento de animais com recurso a colares GPS que devido às suas características de programação permitem aos investigadores obter conhecimento com elevada precisão acerca de movimentos circadianos, nomeadamente padrões de dispersão (MERRILL & MECH 2003), rotas, distâncias, velocidades, comportamentos, etc. Desta forma, a utilização de colares GPS permite colmatar algumas lacunas do conhecimento em muito maior detalhe, comparativamente com as técnicas anteriormente disponíveis (MERRILL & MECH 2003).

A marcação e o seguimento de lobos com colares GPS estão na origem de todo o trabalho desenvolvido no âmbito deste projecto.

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os SIG tiveram a sua origem na tentativa de resolver problemas da cartografia clássica, tais como o rigor e legibilidade da representação da realidade através de várias camadas ou temas de informação, ou por dar a percepção continua da realidade, uma vez que a informação não está limitada à área de uma carta. Assim, estes sistemas passaram a ser largamente usados em inúmeras áreas científicas por utilizadores com diferentes formações académicas. E por este motivo existem diversas definições destes sistemas que espelham a formação e perspectiva do seu autor. BURROUGH & McDONELL (1998) definem SIG como “um poderoso conjunto de ferramentas para adquirir, armazenar, recuperar, transformar e representar informação espacial do mundo real com um conjunto particular de objectivos”. Inúmeras definições se poderiam referir, todas elas com uma característica comum, que é a referência geográfica ser uma característica indispensável aos dados incorporados nos SIG. Os SIG trabalham com informação referente a um espaço geográfico e representam objectos e fenómenos aí ocorrentes. A forma de o fazer é essencial para

representar da melhor forma os objectos e fenómenos de interesse, em função dos objectivos a alcançar. Ou seja, é necessário deter dados para criar um modelo da realidade. Assim, a primeira etapa de qualquer projecto SIG consiste em identificar a porção do espaço geográfico em que se está interessado e transformá-lo em dados geográficos segundo um modelo de representação.

Para além das funções básicas relativas à cartografia digital e aos sistemas de gestão de bases de dados, o mais importante de um SIG são as capacidades de análise espacial (CHOU 1997). São estas capacidades que distinguem os SIG de outros tipos de sistemas de informação, e é delas que advém o seu verdadeiro potencial (GATRELL 1991 *in* GOODCHILD 1988).

As potencialidades dos SIG são de extrema importância, tanto no desenho e tratamento e análise espacial dos dados originais como também na posterior visualização dos resultados obtidos. As vantagens na sua utilização na área da Ecologia são sobejamente reconhecidas levando à sua utilização em inúmeros trabalhos de investigação (e.g. GUIBAN & ZIMMERMANN 2000; PEARSON & DAWSON 2003; DEL BARRIO *et al.* 2006; KAUTZ *et al.* 2006).

A utilização de ferramentas SIG sustentará todo o desenvolvimento do presente projecto, desde a recepção dos dados dos colares GPS implementados nos lobos -capítulo III- às análises espaciais efectuadas nos capítulos IV, V e VI.

Os modelos conceptuais de representação de informação espacial são a forma como os objectos e fenómenos de interesse que ocorrem num espaço geográfico são representados num SIG. Esta questão influencia decisivamente o desenrolar do trabalho no SIG, incluindo a organização, apresentação e análise da informação geográfica (JONES 1997 *in* NEVES 2008).

Existem diversos modelos conceptuais de representação, sendo os mais importantes a representação de objectos e campo. Alguns fenómenos espaciais possuem fronteiras claramente definidas, o que faz com que tais variáveis devam ser modeladas como objectos espaciais, e abordados como fenómenos individuais. Assim, uma camada ou tema de informação que represente o tecido urbano de uma determinada área, pode consistir maioritariamente em espaço vazio, excepto onde os objectos edifícios estão localizados (NEVES 2008).

Outras variáveis possuem fronteiras *fuzzy* e tendem a ocupar todo o espaço no interior de uma área de estudo. Um bom exemplo será a informação sobre o uso do solo. Os tipos de uso do solo tendem a fundir-se uns nos outros ao invés de apresentarem fronteiras rígidas. Deste modo, fenómenos como o tipo de solo podem ser modelados como variáveis de campo, que preenchem completamente o espaço da área de estudo (NEVES 2008). Em termos práticos, a representação dos fenómenos espaciais segundo estes modelos conceptuais, e outros existentes, é estruturada de forma diferente dentro do SIG, num formato de dados geográficos correspondente. Segundo Matos (2001), actualmente existem vários formatos de dados que se dividem em vectorial relacional (topológico e não topológico), matricial bi- e tridimensional, vectorial orientado por objectos, difuso, temporal e vectorial tridimensional. Deste conjunto de formatos, os mais utilizados são o vectorial relacional (topológico ou não topológico) e o matricial bidimensional, normalmente designados por formato vectorial e formato *raster*, respectivamente. O primeiro estrutura os dados conforme o modelo conceptual de representação de objectos, e o segundo, conforme a modelo conceptual de representação de campo.

Todas as variáveis ambientais a serem utilizadas no presente projecto, que servirão de *input* aos modelos a realizar (capítulos III, IV e V), são disponibilizadas em formato vectorial (e.g. linhas de água). No entanto, a estratégia definida para a elaboração dos referidos modelos carece da sua transformação para o formato *raster*.

2.3.1. MODELO DE DADOS VECTORIAL

O formato de dados vectorial representa o espaço como uma série de objectos discretos com base em três elementos básicos de representação (ponto, linha e área ou polígono), referenciados por coordenadas Cartesianas. Estes elementos são caracterizados pelo facto da sua localização geográfica poder ser definida de forma precisa e independente, como ter a sua relação topológica. Topologia é o conjunto de relações espaciais entre as entidades representadas num tema de informação, que armazena a forma como se encontram interligadas (conectividade, etc.) (BURROUGH & McDONNEL 1998). Assim, neste formato, um fenómeno espacial é modelado em termos da sua representação gráfica e também em termos dos seus atributos, que podem ser geográficos, mas também não geográficos, apenas descritivos, e que estão interligados com a representação gráfica de cada entidade representada.

2.3.2. MODELO DE DADOS MATRICIAL OU RASTER

Os fenómenos espaciais que são melhor representados pelo modelo conceptual de *campo*, com as suas características de ocupação do espaço, são melhor representadas por uma estrutura de células *raster*. O formato matricial ou *raster* consiste da divisão do espaço numa matriz ou malha triangular, hexagonal ou quadrangular (regular ou irregular), o que resulta num conjunto de células ou *pixeis*, que é o único elemento básico de representação deste formato. Cada célula representa uma porção da totalidade do espaço, equivalente à área do seu tamanho, que depende da resolução com que se define o tema de informação, isto é, quanto maior a resolução, menor a dimensão da célula. Assim, a representação do espaço constrói-se sobre a matriz, célula a célula, atribuindo a cada uma delas informação acerca do fenómeno que se está a representar, até preencher todas as células que a formam.

2.3.3. MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO

A posse de informação topográfica da área de estudo é essencial à elaboração do presente estudo. O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma superfície que representa dados de altitude; a partir dele, é possível derivar mais informação sobre a topografia da área em causa, nomeadamente o declive (NEVES 2008).

Modelar apropriadamente uma superfície real requereria o armazenamento de um número infinito de observações. Isto é impossível, e assim, o MDE cria uma superfície contínua usando um número finito de observações. Os modelos de dados usados mais frequentemente para o MDE são conjuntos de células regulares (formato *raster*) ou conjuntos vectoriais de pontos regulares provenientes das observações (formato vectorial). Dentro dos formatos vectoriais, o modelo Rede Irregular Triangulado ou, na língua inglesa, *Triangulated Irregular Network* (TIN), é usado frequentemente em diversos programas comerciais de SIG (NEVES 2008). O TIN é uma forma simples de construir uma superfície a partir de um conjunto de pontos conhecidos. É uma técnica particularmente útil para pontos irregulares espaçados. No formato TIN, os dados de pontos conhecidos são conectados por linhas para dar forma a uma série de triângulos. No contexto de um MDE os vértices representam características do terreno reais tais como picos e as fronteiras

representam cumes ou vales. Se o valor em cada vértice do triângulo é conhecido e a distância entre nós pode ser calculada, pode ser usada uma equação linear simples para calcular um valor interpolado para toda a posição dentro do limite do TIN (NEVES 2008).

As vantagens principais do TIN são a eficiência de armazenamento de um número mínimo de pontos para reproduzir uma superfície. Além disto, considerando que se trata de uma série de triângulos para serem conhecidas a altura e a distância entre os pontos nos três vértices, é possível, usando cálculos geométricos simples, calcular os declives, orientações de encosta e a área. Conseqüentemente, não sendo necessário armazenar valores para estas características morfológicas como temas de informação (NEVES 2008).

2.4 ANÁLISE ESPACIAL, DESCOBERTA DE CONHECIMENTO E *DATA MINING*

Áreas como a ecologia usam técnicas de análise espacial e contribuem para o seu desenvolvimento. O alargamento do uso das técnicas de análise espacial deveu-se em muito ao aparecimento dos SIG que proporcionaram um novo contexto para a análise espacial devido às suas capacidades de rápida visualização e manipulação de dados (LONGLEY & BATTY 1996). Entende-se por análise espacial as operações de manipulação da informação conjugando os valores de atributos e a sua geo-referenciação, produzindo novos temas (MATOS 2001). A elaboração do presente projecto recorrerá a sucessivas operações de análise espacial.

Devido ao uso alargado de sistemas de informação e aos suportes informáticos de grande capacidade, são criados e armazenados grandes quantidades de dados com grande facilidade, nomeadamente dados geográficos. Este facto representa uma mais-valia muito importante em relação a décadas passadas, mas não é útil se não houver uma continuidade. A obtenção de grandes volumes de dados apenas tem utilidade se a partir deles for possível extrair informação, o que se torna tanto mais difícil quanto mais cresce a quantidade de dados.

Por este motivo as ferramentas de análise espacial estão longe de ser adequadas para tratar os grandes volumes de dados e a crescente complexidade das tarefas de análise espacial. Os tradicionais métodos analíticos espaciais foram desenvolvidos numa época em

que a aquisição de dados era dispendiosa e a capacidade computacional era reduzida. O aumento do volume e diversidade de dados digitais facilmente tornaram insuficientes as técnicas de análise espacial que estão orientadas para tecer escassa informação a partir de pequenas e homogéneas bases de dados. Estas técnicas são e exigem a posse de hipóteses *a priori*. Por consequência, as tradicionais técnicas analíticas espaciais facilmente não conseguem descobrir novos e inesperados padrões, tendências e relações que podem estar camuflados devido ao grande volume e diversidade de dados (MILLER & HAN 2001).

Assim, a Descoberta de Conhecimento e os métodos de *data mining* surgiram como resposta a esta problemática e representam uma importante direcção no desenvolvimento de uma nova geração de ferramentas de análise espacial (MILLER & HAN 2001). *Data Mining* é definido por FAYYAD *et al.* (1996) in NAVEGA (2002), como o processo não-trivial de identificar, em dados, padrões válidos, novos, potencialmente úteis e ultimamente compreensíveis, e tem a singularidade de, a partir de dados, procurar informação que o utilizador desconhece que existem. A descoberta de relações não intuitivas entre os dados consiste na grande utilidade deste método. *Data Mining*, é assim, o processo de extracção de informação implícita, escondida e de carácter presumível a partir de grandes bases de dados. A Descoberta de Conhecimento é o último nível do processo de obter informação através das técnicas de *data mining* e transformá-la em conhecimento através da interpretação da informação e integrá-lo no conhecimento já existente (MILLER & HAN 2001).

É importante referir que, em relação a uma base de dados de carácter espacial, o processo de Descoberta de Conhecimento é diferente, particularmente, no que se pode designar por *data mining* geo-espacial, diferente do *data mining* tradicional. Esta distinção impõe-se devido à inadequada aplicação dos métodos tradicionais de *data mining* aos dados geográficos. Isto porque o *data mining* nasceu no mundo empresarial, que não se depara com as diferentes características deste tipo particular de dados. Assim deve-se ter em consideração fenómenos de dependência espacial e de auto correlação espacial (expressão computacional do conceito de dependência espacial). Desta forma, o *data mining* geo-espacial envolve a aplicação de ferramentas computacionais para revelar padrões de interesse em objectos e fenómenos distribuídos no espaço geográfico ao longo do tempo. Estes padrões podem envolver as propriedades espaciais dos objectos e fenómenos (e.g. forma, dimensão) e relações espaço-temporais entre objectos e

fenómenos, além dos atributos não espaciais com interesse no *data mining* tradicional (MILLER & HAN 2001).

A análise de *Clusters* constitui uma ferramenta de exploração de dados que será aqui utilizada para a selecção de variáveis ambientais determinantes à presença e aos movimentos do lobo (capítulo V).

Uma forma de abordar a tarefa de *Clustering* consiste em utilizar Redes Neurais Artificiais Não-Supervisionadas. Isto significa que o treino é inteiramente orientado pelos dados e que os neurónios do mapa competem entre si (Tso & MATHER 2001). Desta forma, o sistema adapta-se às suas idiosincrasias de acordo com os caracteres que possuem implicitamente.

Um tipo de Redes Não-Supervisionada que tem sido muito bem sucedida na resolução e modelação de vários sistemas são os SOM (*Self-Organizing Maps*), sendo também a adoptada no capítulo IV do presente projecto.

O SOM é uma rede neuronal com capacidade para organizar conjuntos de dados. Esquemáticamente pode ser visto como uma rede composta por uma camada de neurónios de *input* e uma camada de neurónios de *output*. A camada de *output* organiza-se num mapa topológico que permitirá definir os *Clusters* cujas características dos dados submetidos à análise apresentam maiores semelhanças para as variáveis ambientais em análise.

A utilização de Redes Neurais Artificiais, e em particular os SOM, na área da Ecologia tem vindo a aumentar à medida que a complexidade dos dados ecológicos evolui. Vários são os modelos biológicos que aplicam esta metodologia no seu desenho experimental (e.g. CÉRÉGHINO *et al.* 2005; GEVREY *et al.* 2006; CÉRÉGHINO & PARK 2009). No entanto, a utilização de um SOM para a selecção de variáveis é ainda um método pouco utilizado. Destaca-se um estudo na área da medicina em que o SOM permitiu determinar as variáveis significativas para investigar os efeitos de um produto de saúde oral (LLOYD *et al.* 2009).

2.5. MODELAÇÃO ESPACIAL

Modelação é o processo de predição de fenómenos, baseado em modelos matemáticos, que descrevem a evolução desses fenómenos. Um modelo pode ser definido como uma representação abstracta de um processo ou sistema do mundo real. Para que um SIG possa funcionar como apoio à modelação de fenómenos, será preciso possuir modelos de simulação numérica que descrevam adequadamente os fenómenos a ser estudados (com o possível uso de técnicas de estatística espacial) e integrar estas técnicas com as ferramentas de manipulação, recuperação e apresentação de dados espaciais (CÂMARA & MEDEIROS 1998). A modelação ambiental, que simula processos ou fenómenos com o objectivo de prever um resultado ou um conjunto de resultados sobre uma ou mais variáveis, tem vindo a ser desenvolvida no sentido de tornar explícita a sua componente espacial. Este caminho tem conduzido à consideração e integração dos SIG's como a ferramenta de eleição para acomodar os requisitos associados a dados espaciais. Como muitos destes modelos envolvem a componente espacial rapidamente foi percebido o interesse de os ligar aos SIG (SEIXAS 2007). É essa abordagem de complementaridade entre a modelação e os SIG que será desenvolvida no presente projecto.

2.6 CONCLUSÃO

A utilização de novas tecnologias que permitem maior facilidade e precisão na obtenção de dados espaço-temporais de espécies com hábitos pouco conspícuos como o lobo potencia o conhecimento das espécies. O recurso às potencialidades dos SIG permite analisar a componente espacial dos dados de monitorização das espécies, sendo fundamentais no desenho, tratamento e análise espacial desses dados. Apesar do elevado potencial das ferramentas de análise espacial implementadas num SIG, o tratamento de grande volume de dados e a complexidade na sua análise torna difícil o recurso exclusivo a essas ferramentas. Desta forma, o recurso a processos de *Data Mining* Geo-Espacial constitui uma abordagem eficiente na procura de padrões nos dados.

Neste trabalho aliam-se as vantagens das mais avançadas tecnologias aplicadas à monitorização do lobo (colares GPS) às potencialidades dos SIG e *do Data Mining* geo-espacial no estudo do lobo. Todas estas ferramentas permitem otimizar a informação e conhecimento obtidos acerca da eco-etologia do lobo.

CAPÍTULO III – MARCAÇÃO E SEGUIMENTO DE LOBOS POR GPS NO NOROESTE DE PORTUGAL

3.1. INTRODUÇÃO

A pertinência do desenvolvimento de projectos que envolvam a captura de animais para o seu seguimento por telemetria é sobejamente reconhecida. A investigação em animais selvagens através do recurso à telemetria constitui a única forma de obtenção de vários parâmetros biológicos e ecológicos, permitindo assim aumentar o conhecimento acerca das espécies e ajudar os profissionais a desenvolver planos de gestão e conservação efectivos (MECH & BARBER 2002; POWELL & PROULX 2003; COOKE 2008). Este conhecimento é sobretudo importante para espécies e populações ameaçadas. Apesar dos riscos de mortalidade inerente às técnicas de captura, a alternativa de marcar e seguir animais é frequentemente a opção tomada, uma vez que os reduzidos riscos envolvidos não colocam em causa a conservação das populações e muita informação determinante para a conservação da espécie pode apenas ser obtida por este método. Embora alguma informação possa ser obtida através de técnicas indirectas, muita informação pode apenas ser recolhida através da captura de animais e do seu seguimento por telemetria (POWELL & PROULX 2003; GARSHELIS 2006). Neste capítulo é descrito todo o programa de capturas e seguimento de lobos no Noroeste de Portugal, iniciado em 2007, bem como os resultados obtidos, para além das características inerentes à área de estudo.

3.2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se entre o rio Minho (a Norte) e o rio Lima (a Sul) e é dominada por maciços montanhosos, onde se destacam as Serras de Soajo, Peneda, Anta e Boulhosa. Na Serra do Soajo é atingida a altitude máxima de 1416 m (Alto da Pedrada) (Figura 2). No que diz respeito à sua geomorfologia, a zona Este (Serra da Peneda) é dominada por afloramentos graníticos, com um relevo abrupto, enquanto a zona Oeste (Serras do Soajo, Anta e Boulhosa) é dominada por xistos metamórficos que resultam num relevo mais suave (PIMENTA & SANTARÉM 1996).

Esta região montanhosa apresenta elevadas altitudes e acentuados declives; a presença de superfícies de aplanção é frequente. A densa rede de fracturas é aproveitada pelos cursos de água que nelas se encaixam, dando lugar a uma rede hidrográfica de grande densidade. A situação geográfica entre o Oceano Atlântico e a Meseta, associados à configuração do relevo, determinam as características climáticas da região que possui um clima mediterrânico marítimo (REY 2000). A temperatura média anual do ar varia entre os 7,5º e os 12,5º, oscilando o valor médio do mês mais frio (Janeiro) entre 0ºC e 10ºC, e o do mês mais quente (Julho) entre 15ºC e 20ºC.

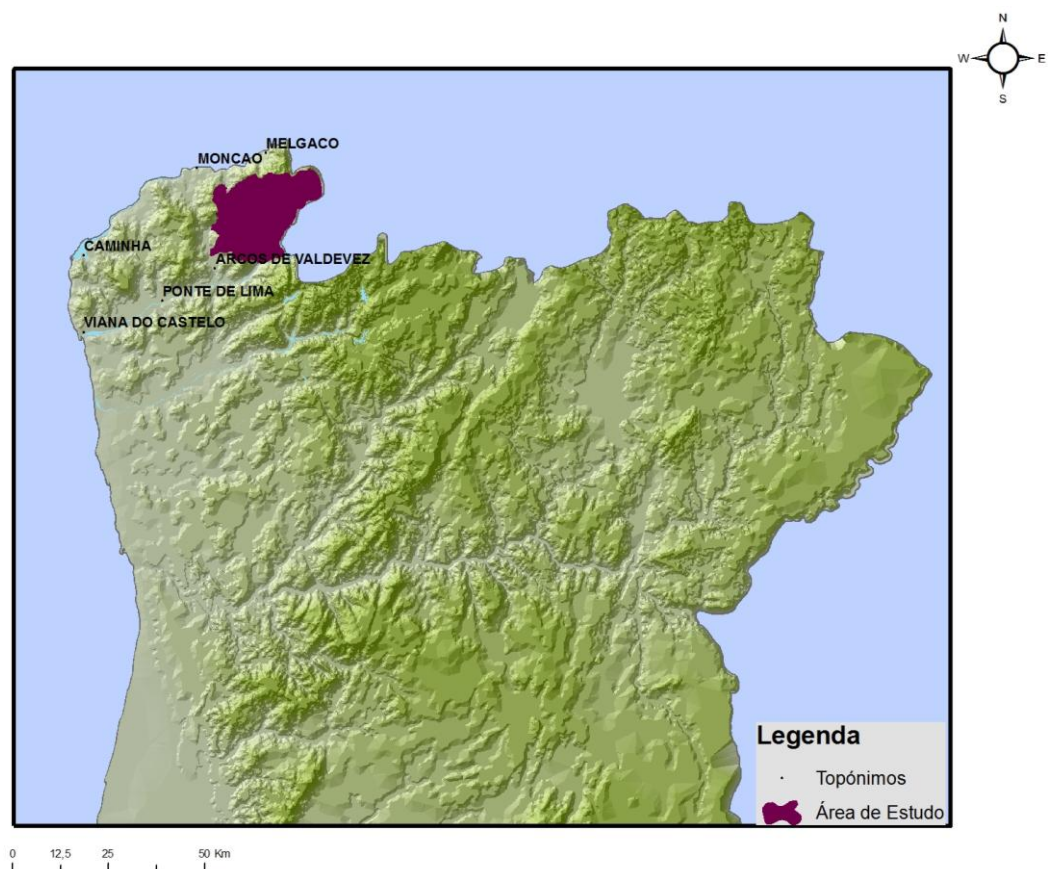


Figura 2: Área de estudo.

3.3. METODOLOGIA PARA RECOLHA DOS DADOS

3.3.1. PROGRAMAÇÃO DOS COLARES GPS

Os colares GPS-GSM foram programados através do software GPS Plus ©3.3.1. envolvendo a selecção de: (a) ciclos de captação de coordenadas GPS; (b) períodos de emissão de sinal VHF; (c) ciclos de recepção das mensagens SMS e (e) programação do sistema “drop off”.

Desta forma, os colares foram programados para a captação de satélites em ciclos de 2h05m recorrendo à opção “rollover rule” do *software*. Esta regra permite amostrar todas as horas que constituem um ciclo diário. Por cada 7 localizações via satélite foi estabelecido o envio de 1 SMS via GSM. As localizações dos lobos enviadas via SMS são recepcionadas numa estação de recepção localizada na Alemanha, propriedade da empresa VECTRONIC, que, por sua vez, automaticamente as reencaminha para uma conta de e-mail criada para o efeito. A conta de e-mail foi programada de forma a possibilitar a importação dos ficheiros recebidos para o software GPS Plus © que, após uma série de procedimentos específicos, permite a exportação de diversos tipos de extensões de ficheiros (nomeadamente formato dbf). As localizações dos animais marcados emitidas pelo colar GPS foram processadas com base numa matriz que contém as variáveis: coordenadas geográficas, altitude, diluição da precisão (DOP), número de satélites captados, validação dos satélites e temperatura.

3.3.2. CAPTURAS

A captura e marcação de lobos envolveram várias campanhas de armadilhagem que decorreram entre Outubro de 2007 e Fevereiro de 2008 e entre Julho de 2008 e Novembro de 2008. As armadilhas utilizadas para captura de lobos foram do tipo laços modificados com travão associados a uma âncora de retenção através de uma corrente, e destinadas à captura e imobilização do animal através dos seus membros anteriores.

O esforço de armadilhagem efectuado no decorrer das campanhas de armadilhagem foi estimado através do número de noites/armadilha, ou seja, do número de noites que as armadilhas permaneceram activas no terreno. No total, foi efectuado um esforço de 1230 noites*armadilha para a captura de lobos adultos.

3.4. RESULTADOS

Na sequência das campanhas de armadilhagem realizadas foram capturados três lobos. A primeira captura ocorreu a 16 de Dezembro de 2007: ma fêmea com idade estimada entre 8 e 10 anos que foi equipada com o colar #4363. No dia 20 de Agosto de 2008 foi capturado o segundo lobo, um macho sub-adulto com idade estimada entre 1 e 2 anos, o qual foi marcado com o colar #4364. O terceiro lobo capturado foi uma fêmea adulta com idade estimada entre 6 e 8 anos; a captura ocorreu no dia 24 de Setembro de 2008 e foi-lhe aplicado o colar #4363-B (Figura 3).

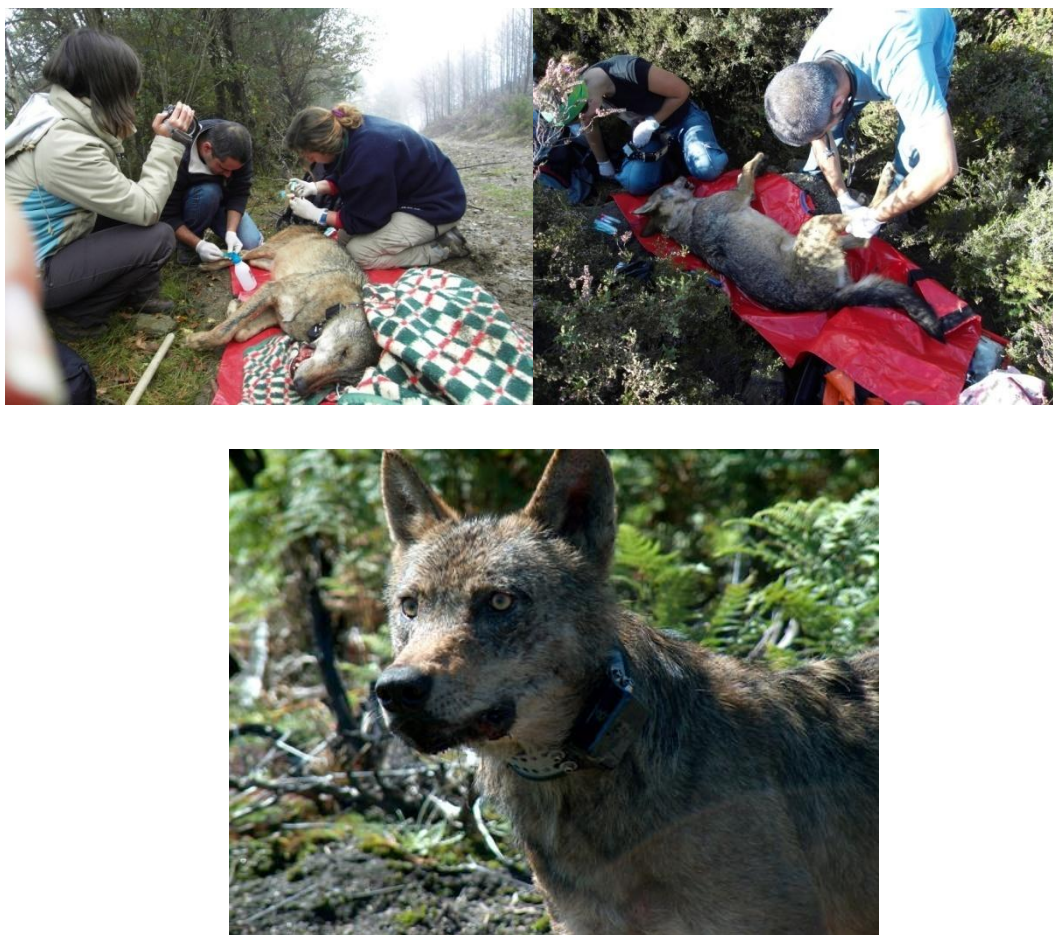


Figura 3: Manipulação, monitorização e marcação de lobos com colar GPS.

O lobo #4363 foi monitorizado entre 16/12/2007 e 29/02/2008 tendo-se obtido um total de 859 localizações. O lobo #4364 emitiu as suas localizações entre 20/08/2008 e 01/12/2008

o que permitiu obter 1019 localizações. O lobo #4363-B encontra-se actualmente a ser seguido; no entanto os dados que deram entrada no presente projecto referem-se ao período compreendido entre 24/09/2008 e 19/09/2009, o que equivale a 3957 localizações (Figura 4). Desta forma, o projecto agora realizado tem por base uma amostra de 6790 localizações de lobos.

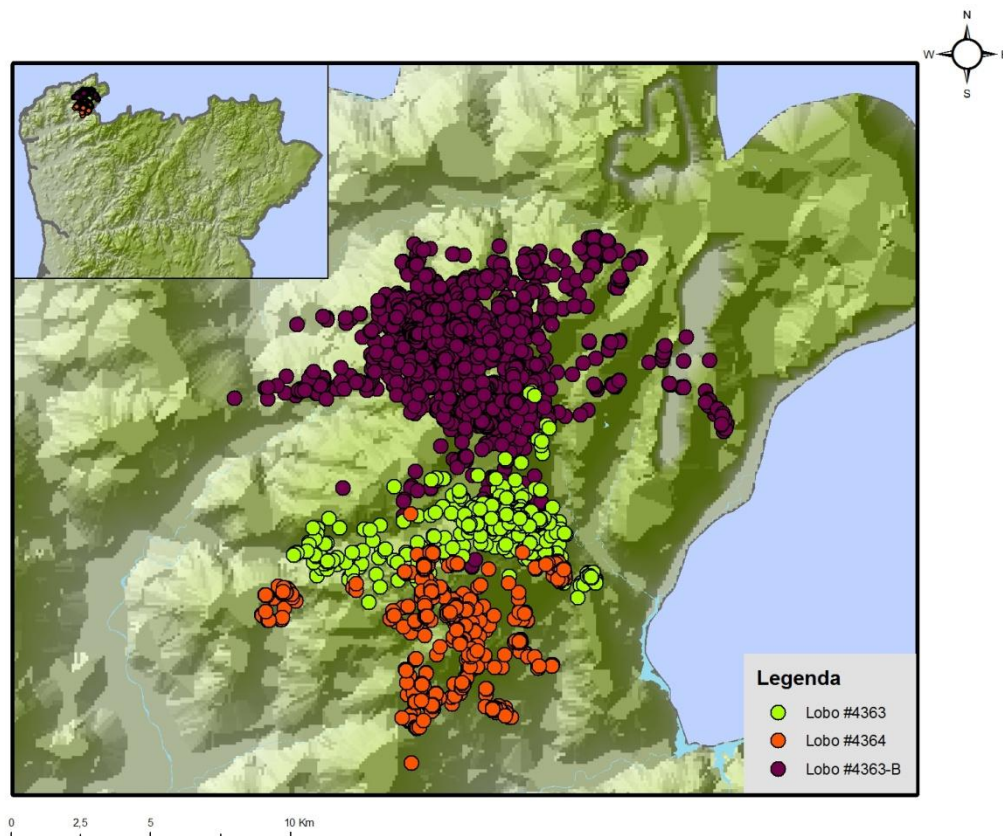


Figura 4: Localizações obtidas para os três lobos marcados com colar GPS.

3.5. CONCLUSÃO

A selecção da técnica de monitorização no estudo do lobo deve ser ponderada em função dos objectivos dos trabalhos e de uma estimativa custo-benefício na sua utilização. Neste caso, os benefícios na utilização de telemetria GPS claramente superam os seus custos. Apesar do elevado esforço dispendido na captura de lobos, uma vez marcados com colares GPS, a informação obtida é incomparavelmente superior, em dimensão e qualidade, a qualquer outro método.

CAPÍTULO IV – MODELAÇÃO DO *HABITAT* DO LOBO

4.1. INTRODUÇÃO

A utilização de modelos de custo como base do estabelecimento de percursos de menor custo e/ou corredores de dispersão tem vindo a ser progressivamente mais utilizada desde que os seus algoritmos podem ser implementados em vários *softwares* SIG (e.g. LARKIN *et al.* 2004; ATKINSON *et al.* 2005; DRIEZEN *et al.* 2007; FOLTÊTE *et al.* 2008; LARUE & NIELSEN 2008; RODRÍGUEZ-FREIRE & CRECENTE-MASEDA 2008; PINTO & KEITT 2009). Todos os trabalhos desenvolvidos nesta área são unânimes na consideração de que a selecção de vias de deslocações e/ou corredores de dispersão, com base em modelos de custo, é a melhor forma de modelar a realidade dos *habitats* em abordagens direccionadas às deslocações das espécies.

Neste capítulo pretende-se elaborar dois modelos de custo para o lobo: um modelo adequado ao período diurno e outro modelo adequado ao período nocturno. A diferenciação dos modelos entre o período diurno e o período nocturno resulta do facto de a influência dos factores antropogénicos ser distinta durante o dia e durante a noite, com consequências comportamentais para o lobo. O recurso a localizações obtidas por seguimento com colar GPS de três lobos servirá de base à verificação da validade dos modelos obtidos.

De seguida apresentam-se as hipóteses colocadas no âmbito deste capítulo:

HIPÓTESE 1: A área de estudo é composta por diferentes níveis de custo para o lobo;

HIPÓTESE 2: A área de estudo possui padrões de custo para o lobo diferenciais entre o período diurno e o período nocturno devido aos factores antropogénicos;

HIPÓTESE 3: O número de localizações dos lobos marcados diminui à medida que o custo aumenta para o modelo relativo ao período diurno e para o modelo relativo ao período nocturno;

HIPÓTESE 4: O número de localizações dos lobos marcados diminui em zonas de custo elevado à medida que a distância percorrida pelos lobos aumenta.

HIPÓTESE 5: Os modelos de custo diurno e nocturno são válidos.

4.2. MÉTODOS

Uma superfície de custo representa um factor ou conjunto de factores que afectam a deslocação dos animais ao longo de determinado percurso. A selecção das variáveis utilizadas em modelos de custo assenta no conhecimento específico da espécie/população alvo de estudo, nomeadamente dos seus requisitos ecológicos e dos factores de ameaça a que se encontram sujeitos. No caso do lobo, a tarefa de selecção das variáveis de *input* no modelo está facilitada pela vasta literatura publicada sobre a ecologia desta espécie. Desta forma, um modelo de custo para o lobo deverá basear-se nas relações conhecidas entre os seus movimentos e (a) factores fisiográficos (facilidade de movimento), (b) cobertura vegetal (obtenção de recursos), e (d) factores antropogénicos (perseguição por parte do Homem) (RODRÍGUEZ-FREIRE & CRECENTE-MASEDA 2008). Um outro factor que tem grande influência nos movimentos do lobo é a disponibilidade de presas. A área de estudo possui uma densidade de presas para o lobo bastante elevada uma vez que representa um caso invulgar de pastoreio de gado bovino e equino em regime de liberdade (RIO-MAIOR *et al.* 2006). Desta forma, assume-se que a ocorrência de presas é homogénea em toda a área de estudo não se considerando necessária a sua inclusão no modelo.

A fragilidade deste tipo de modelos surge na atribuição de valores de custo/resistência a cada classe da paisagem. Este procedimento baseia-se no conhecimento específico do comportamento de mobilidade da população alvo de estudo (e.g. DRIEZEN *et al.* 2007; RODRÍGUEZ-FREIRE & CRECENTE-MASEDA 2008). Valores de resistência baixos são muitas vezes atribuídos a classes de *habitat* favoráveis e a corredores de dispersão, enquanto que níveis mais elevados de custo são atribuídos às outras classes em função do seu grau de hostilidade (e.g. presença de factores de ameaça à espécie-alvo) ou à sua capacidade de para limitar os movimentos (e.g. barreiras físicas) (FOLTÊTE *et al.* 2008).

Em alguns trabalhos são efectuadas análises periciais e processos analíticos hierárquicos que permitem controlar a subjectividade das ponderações atribuídas a cada variável (LARUE & NIELSEN 2008). A validade das ponderações que são atribuídas, e que são determinantes nas conclusões retiradas, poderão ser sempre questionáveis caso os modelos não sejam validados com dados reais. Até à data técnicas de análise de superfícies de custo permanecem invalidadas na literatura. Exceptuando o caso de um estudo que recorreu a dados de rádio-telemetria de ouriço cacheiro (DRIEZEN *et al.* 2007) que baseou o seu estudo

num modelo de custo validado, nenhum outro estudo efectuou a validação dos seus modelos.

4.2.1. VARIÁVEIS

A primeira fase do processo de elaboração dos modelos de custo consiste na selecção das variáveis do *habitat* que afectam a presença e os movimentos do lobo recorrendo a uma extensa revisão bibliográfica e ao conhecimento adquirido no estudo da espécie em causa.

Foram seleccionadas oito variáveis: (a) declive, (b) altitude, (c) uso do solo, (d) linhas de água de ordem 1 e 2, (e) linhas de água de ordem 3, (f) estradas de terra batida e trilhos, (g) estradas asfaltadas e (h) tecido urbano. As diferentes fontes utilizadas na obtenção das variáveis seleccionadas encontram-se na tabela 1.

INFORMAÇÃO	FONTE
Carta Hipsométrica	Direcção Geral do Ambiente
Carta de Ocupação do Solo COS'90	Instituto Geográfico Português
Carta de Hidrografia	Direcção Geral do Ambiente
Rede viária	Instituto Geográfico do Exército
Cartas militares	Instituto Geográfico do Exército

Tabela 1: Informação recolhida necessária à obtenção das variáveis de *input* nos modelos.

Após a selecção e recolha de cada um deste conjunto de dados de variáveis, é necessário proceder à sua limpeza e conversão. Por um lado, devido a erros muitas vezes existentes, torna-se necessário remover dados inconsistentes ou tratar valores omissos. Por outro lado, a recolha de dados de diversas fontes implica que estes, muitas vezes, não estejam em formatos informáticos e/ou sistemas de medida compatíveis ou desejados, o que torna necessário a sua conversão para uma escala/sistema comum de forma a permitir a sua comparação.

A entrada das variáveis num modelo de custo requer a sua reclassificação para uma escala comum. Esse procedimento foi efectuado para todas as variáveis seleccionadas através da função *Reclassify* do *Spatial Analyst*.

A dimensão estabelecida para o pixel foi de 80 metros e como máscara de análise foi utilizada a delimitação da área de estudo.

(a) DECLIVE

O declive é a inclinação de uma superfície e calcula-se a partir de dados topográficos, sendo calculado como a taxa de variação máxima entre valores de cada célula/pixel e os seus vizinhos. Para se calcular o declive, divide-se a diferença de elevação entre dois pontos pela distância entre esses dois pontos.

A variável declive foi calculada com base num Modelo Digital de Elevação (MDE) e recorrendo a uma ferramenta de derivação de dados da função *Surface Analysis* da extensão *Spatial Analyst* (Anexo 1; Figura 1.1).

De seguida procedeu-se a uma reclassificação do *raster* em dez classes com intervalos iguais, sendo que a declives mais acentuados corresponderam valores de custo mais elevados (Anexo 1; Figura 1.2).

(b) ALTITUDE

A amplitude de altitude foi calculada com base num MDE (Anexo 1; Figura 1.3). Tal como para a variável declive, a altitude foi reclassificada em dez classes com intervalos iguais sendo, neste caso, os valores de custo inversamente proporcionais à altitude (Anexo 1; Figura 1.4).

(c) USO DO SOLO

Sendo o uso do solo uma variável categórica, foi necessário proceder a duas reclassificações: uma primeira em que foram agrupadas as classes presentes na fonte de informação utilizada, COS90, em seis novas classes consideradas adequadas para o presente estudo: floresta, matos, afloramentos rochosos, pastagens, áreas agrícolas e floresta degradada (e.g. cortada, ardida) (Anexo 1; Figura 1.5); e uma segunda em que este *raster* de *output* foi reclassificado em função das características de custo para o lobo relativa a cada biótopo (Anexo 1; Figura 1.6 e Figura 1.7). Estas reclassificações tiveram por base uma análise pericial realizada a seis especialistas no estudo do lobo ibérico aos quais foi solicitado que atribuíssem uma pontuação de 1 a 5 para cada classe, durante os períodos diurno e nocturno, sendo que uma maior pontuação corresponde a um custo mais

elevado para o lobo. Os valores de custo atribuídos na reclassificação efectuada para a variável uso do solo resultaram da média das pontuações atribuídas pelos especialistas (Tabela 2).

CLASSES	ESPECIALISTAS													
	A		B		C		D		E		F		MÉDIA	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
I	2	2	1	1	3	3	1	3	2	1	1	1	2	2
II	3	2	2	2	4	4	3	3	2	1	3	2	3	2
III	5	4	3	3	1	1	5	5	4	4	3	2	4	3
IV	4	1	2	1	5	5	5	3	3	2	4	3	4	3
V	5	2	4	3	4	4	5	5	4	3	4	3	4	3
VI	4	2	3	2	2	2	5	3	5	4	5	4	4	3

Tabela 2: Análise pericial para atribuição de valores de custo às classes de uso do solo (Classe I: Floresta; Classe II: Matos; Classe III: Afloramentos Rochosos; Classe IV: Pastagens; Classe V: Agrícola; Classe VI: Floresta degradada).

(d) LINHAS DE ÁGUA DE ORDEM 1 E 2

A partir de um *shapefile* de hidrografia foram seleccionados apenas os rios de ordem 1 e 2 que incluem dois rios com grande importância na área de estudo – rio Vez e rio Ramiscal. De seguida foi efectuada uma operação de elaboração de uma zona tampão de 50 metros em torno das linhas de água (Anexo 1; Figura 1.8). A reclassificação foi feita em presença/ausência, tendo sido atribuído um valor de custo mais elevado à presença de rio (Anexo 1; Figura 1.9).

(e) LINHAS DE ÁGUA DE ORDEM 3

A partir de um *shapefile* de hidrografia foram seleccionados os rios de ordem 3 que incluem as pequenas linhas de água presentes na área de estudo. De seguida foi efectuada uma operação de elaboração de uma zona tampão de 50 metros em torno das linhas de água (Anexo 1; Figura 1.10). A reclassificação foi feita em presença/ausência, tendo sido atribuído um valor de custo mais elevado à presença de rio (Anexo 1; Figura 1.11).

(f) TRILHOS

A inexistência de informação geográfica disponível para esta variável exigiu que a mesma fosse obtida através da criação de um mapa vectorial composto por linhas (Anexo 1; Figura 1.12). Para tal recorreu-se a cartas militares 1:25 000 georreferenciadas. A reclassificação foi efectuada em presença/ausência, sendo o valor de custo mais elevado atribuído às zonas com inexistência de trilhos (Anexo 1; Figura 1.13).

(g) ESTRADAS ASFALTADAS

A partir de um *shapefile* de estradas foram seleccionadas todas as estradas asfaltadas presentes na área de estudo. De seguida foi criada uma área tampão de 55 metros em torno de cada estrada; 5 metros correspondem à largura média das estradas com ocorrência na área de estudo e os 50 metros adicionais permitem estabelecer uma área em que as estradas asfaltadas deverão exercer um efeito de repulsa ao lobo (Anexo 1; Figura 1.14) A reclassificação foi feita em presença/ausência, tendo sido atribuído um valor de custo mais elevado à presença de estrada (Anexo 1; Figura 1.15).

(h) TECIDO URBANO

A inexistência de informação geográfica disponível para esta variável exigiu que a mesma fosse obtida através da criação de um mapa vectorial composto por polígonos (Anexo 1; Figura 1.16). Para tal recorreu-se a cartas militares 1:25 000 georreferenciadas. Para além das zonas humanizadas considera-se que a sua envolvente deverá exercer um efeito de repulsa ao lobo, pelo que foi estabelecida uma área tampão de 50 metros (Anexo 1; Figura 1.16). A reclassificação foi efectuada em presença/ausência, sendo o valor de custo mais elevado atribuído às zonas atribuídas a tecido urbano (Anexo 1; Figura 1.17).

4.2.2. PONDERAÇÃO DAS VARIÁVEIS

As variáveis utilizadas na análise não possuem pesos semelhantes no que se refere ao custo de deslocação do lobo, pelo que foram atribuídas ponderações para cada delas, totalizando as oito variáveis 100%. As ponderações das variáveis foram atribuídas com base numa análise pericial realizada a cinco especialistas no estudo do lobo em Portugal e

conhecedores da área de estudo e resultam da média das pontuações atribuídas pelos peritos durante o período diurno e o período noturno (Tabela 3).

VARIÁVEIS	ESPECIALISTAS											
	A		B		C		D		E		Média	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
Declive	15	25	20	25	20	20	10	20	6	8	14,2	19,6
Altitude	1,5	1	5	5	5	5	20	10	3	3	6,9	4,8
Uso do Solo	18	10	25	20	15	5	20	10	17	6	19	10,2
Linhas de água ordem 1,2	10	10	0	0	15	15	0	0	14	14	7,8	7,8
Linhas de água ordem 3	7	7	5	10	5	5	0	0	11	11	5,6	6,6
Trilhos	15	30	10	15	10	10	15	40	8	22	11,6	23,4
Estradas asfaltadas	3,5	2	5	0	15	20	5	5	19	17	9,5	8,8
Tecido Urbano	30	15	30	25	15	20	30	15	22	19	25,4	18,8

Tabela 3: Ponderação das variáveis de *input* no modelo resultantes da média das cotações atribuídas pelos cinco especialistas inquiridos.

Os *rasters* de custo final resultam da adição de todos os *rasters* ponderados; para tal recorreu-se à função *raster calculator* da extensão *Spatial Analyst* do software ArcGIS 9.3© (Figuras 5 e 6).

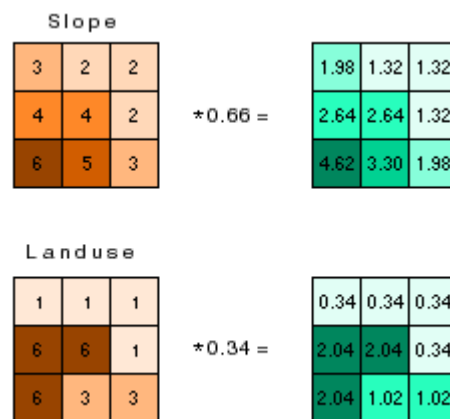


Figura 5: Diagrama representativo do processo conceptual de atribuição de ponderações (66% de peso para o declive; 34% de peso para o uso do solo) (Adaptado de ESRI, 2007).

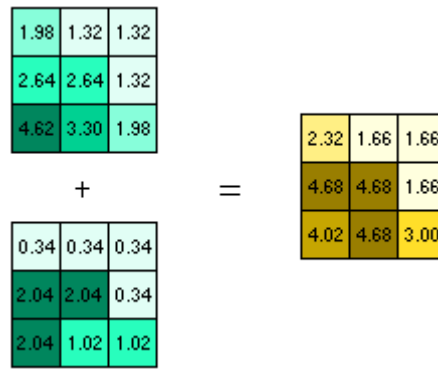


Figura 6: *Raster* de custo final resultante da adição dos *rasters* ponderados (Adaptado de ESRI, 2007).

4.2.3. VALIDAÇÃO DOS MODELOS

A validação dos modelos obtidos foi efectuada recorrendo a uma amostra biológica, ou seja, recorrendo às localizações dos três lobos monitorizados com colares GPS (ver Capítulo III).

As localizações dos três lobos em estudo foram projectadas em ambiente ArcGIS 9.3.© tendo sido espacialmente sobrepostas às *grids* dos modelos de custo. A função *Analysis Tools* » *Intersect Point Tool* da extensão *Hawths Tools* permitiu atribuir a cada uma das localizações dos lobos um valor de custo da *grid*. Esta análise foi elaborada para cada lobo individualmente de forma a verificar a existência de potenciais padrões atípicos, intrínsecos aos indivíduos. Posteriormente foi efectuada a mesma análise a um nível global, ou seja, agrupando os dados relativos aos três lobos, de forma a dotar a validação de maior robustez tanto a nível da dimensão da amostra de validação como da dimensão espacial incluída na validação.

Uma vez que os modelos de custo obtidos pretendem produzir valores de custo a serem aplicados em situações de deslocação dos lobos, os dados ainda classificados em função da distância euclidiana mínima percorrida pelos lobos entre cada duas localizações temporalmente consecutivas. Para tal foi necessário reproduzir o percurso efectuado por cada lobo ao longo do tempo. Recorreu-se à extensão *Animal Movement* do ArcView GIS 3.2.©. Por um lado, foram retiradas da amostra original as localizações cuja sequência temporal distava menos do que 25 metros. Este valor de corte estabelecido pretende assegurar que não são analisados dados de lobos em situação de repouso, tendo em conta que existir sempre um erro associado às localizações obtidas pelo GPS do colar.

A diferenciação entre os dados relativos ao período diurno e noturno foi efectuada com base nos valores médios anuais de nascer e ocaso do sol disponibilizados pelo Observatório Astronómico de Lisboa para 2008 e 2009 (OAL 2009). Às localizações dos lobos obtidas entre o período das 6h30m e das 18h30m foram atribuídos os valores do modelo de custo diurno; os valores de custo obtidos no modelo noturno foram atribuídos às localizações dos lobos que ocorreram entre as 18h30m e as 6h30m.

A primeira abordagem efectuada com o intuito de verificar o comportamento da variável dependente “custo” em função da distância percorrida por cada lobo, foi efectuada uma regressão linear simples. Para tal, recorreu-se ao *software* Statistica 6.0©.

Posteriormente, e para facilidade de visualização e análise dos dados, foram categorizadas em classes tanto os valores de custo, como a distância percorrida pelos lobos. Desta forma procedeu-se ao agrupamento dos valores de custo em três classes. Para o período diurno: Custo I [1,259-1,902]; Custo II [1,902-2,546]; Custo III [2,546-3,189] e para o período noturno: Custo I [1.150-1.892]; Custo II [1.892-2.634]; Custo III [2.634-3.376]. Por outro lado, as distâncias mínimas percorridas foram divididas em sete classes (em quilómetros): Classe I [0,025, 1]; Classe II [1,2]; Classe III [2,3]; Classe IV [3,4]; Classe V [4,5]; Classe VI [5,6], Classe VII [6,7].

Importa referir que as localizações não validadas, ou seja, as localizações obtidas por um número igual ou inferior a três satélites foram retiradas desta análise de forma a diminuir o erro das localizações utilizadas nesta análise.

O número de localizações dos lobos para cada classe de valores de custo permitiu verificar a representatividade de cada classe de custo nos locais preferencialmente utilizados pelos lobos marcados para se deslocarem.

Uma vez que a área de estudo possui disponibilidade diferencial de *píxeis* para cada classe de custo foi necessário padronizar os resultados obtidos convertendo as frequências de custo em frequências relativas. Para esse efeito, foram distribuídos e agrupados todos os *píxeis* da *Grid* dos modelos obtidos nas classes de custo definidas para cada um deles. Este procedimento permitiu ponderar o número de localizações para cada classe de custo em função da sua disponibilidade na área de estudo.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos dois modelos de custo distintos: um modelo relativo ao período diurno e um outro modelo compatível com o período noturno. A amplitude de valores para os modelos poderá variar entre o mínimo de 1 unidade de custo e 4,258 unidades de custo.

4.3.1. MODELOS

MODELO DIURNO

A expressão de cálculo que deu entrada no *Raster Calculator* e que permitiu obter a superfície de custo diurno foi a seguinte:

$$0,142 * [\text{Declive_Reclass}] + 0,069 * [\text{Altitude_Reclass}] + 0,19 * [\text{Uso Solo_ReclassD}] + 0,056 * [\text{Rios_Ordem12_Reclass}] + 0,078 * [\text{Rios_Ordem3_Reclass}] + 0,116 * [\text{Trilhos_Reclass}] + 0,254 * [\text{Tecido_Urbano_Reclass}] + 0,095 * [\text{Estradas_Reclass}]$$

Na figura 7 pode visualizar-se o modelo de custo resultante e que será o ponto de partida para as análises que serão realizadas nos capítulos seguintes.

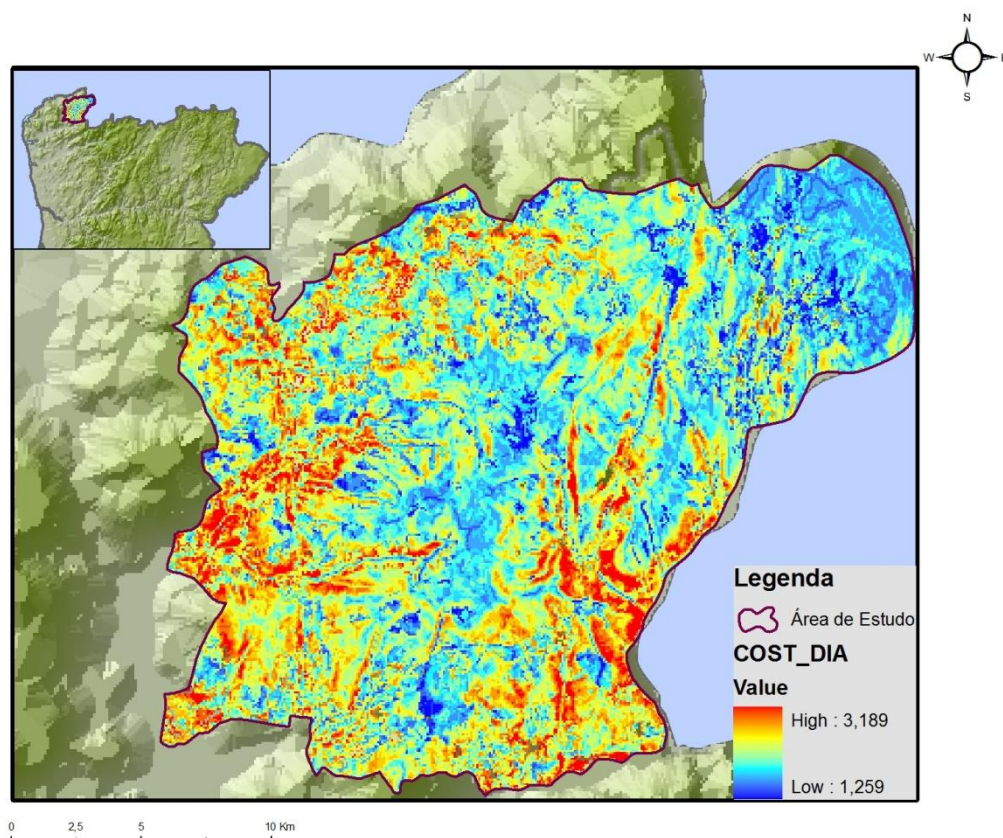


Figura 7: Modelo de Custo para o lobo durante o período diurno

MODELO NOCTURNO

Para obtenção da superfície de custo relativa ao período noturno, deu entrada *Raster Calculator* a seguinte expressão:

$$0,196 * [\text{Declive_Reclass}] + 0,048 * [\text{Altitude_Reclass}] + 0,102 * [\text{Uso Solo_ReclassN}] + 0,066 * [\text{Rios_Ordem12_Reclass}] + 0,078 * [\text{Rios_Ordem3_Reclass}] + 0,234 * [\text{Trilhos_Reclass}] + 0,188 * [\text{Tecido_Urbano_Reclass}] + 0,088 * [\text{Estradas_Reclass}]$$

O modelo resultante e que servirá de base às análises que se irão realizar nos capítulos seguintes encontra-se na figura 8.

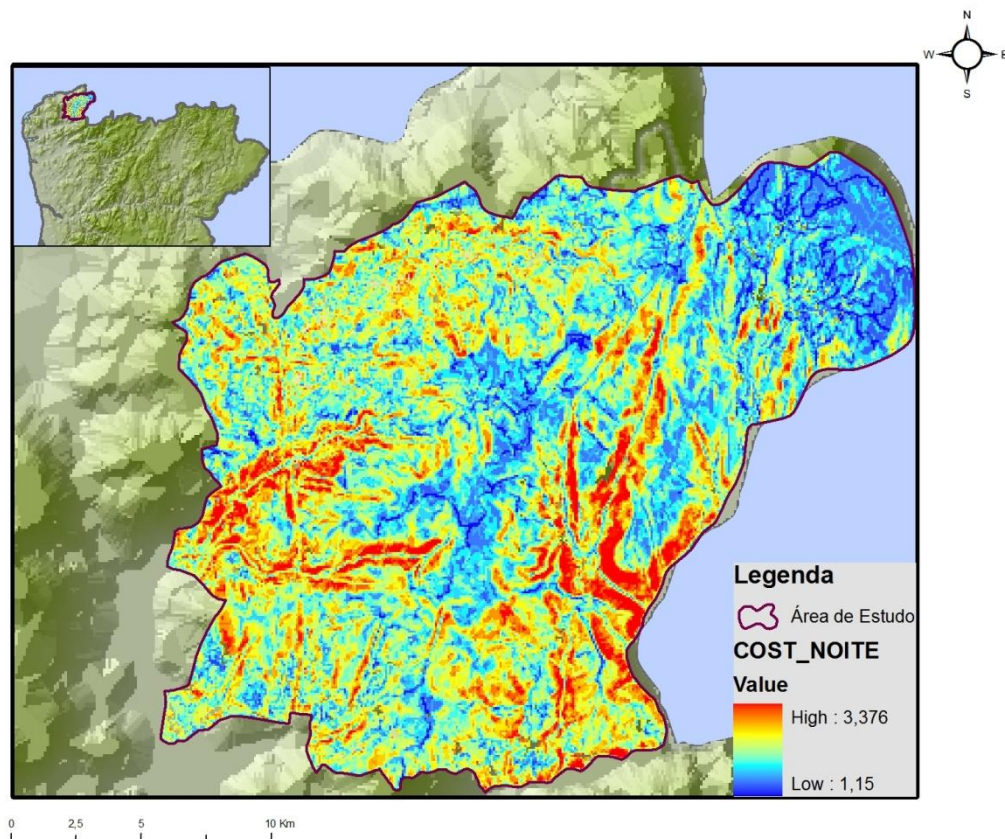


Figura 8: Modelo de Custo para o lobo durante o período noturno.

Verifica-se que a amplitude de valores de custo para ambos os modelos não atinge os limites mínimo e máximo possíveis. O modelo adequado ao período noturno possui uma amplitude de valores mais vasta (entre 1.15 e 3.376 unidades de custo) comparativamente com o modelo obtido para o período diurno (entre 1.259 e 3.189 unidades de custo). Uma breve análise visual a ambos os modelos simultânea à caracterização da área de estudo permite constatar níveis de custo elevados nas zonas mais declivosas e também nas zonas

mais humanizadas da área de estudo; o elevado custo em zonas humanizadas traduz-se mais fortemente durante o período diurno.

4.3.2. VALIDAÇÃO DOS MODELOS

MODELO DIURNO

Da amostra original composta por 2517 localizações dos três lobos marcados foram retiradas 1203 localizações ocorridas durante o período diurno e que correspondiam às localizações dos lobos em situação de repouso.

A aplicação de uma regressão linear simples permitiu verificar que existe uma correlação inversamente proporcional entre os valores de custo onde se deslocam os lobos marcados e a distância que os mesmos percorrem (Figura 9). Apesar da elevada dispersão de custos atribuídos às localizações dos lobos, essa correlação é estatisticamente significativa ($F=13.55$; $p=0.000242$).

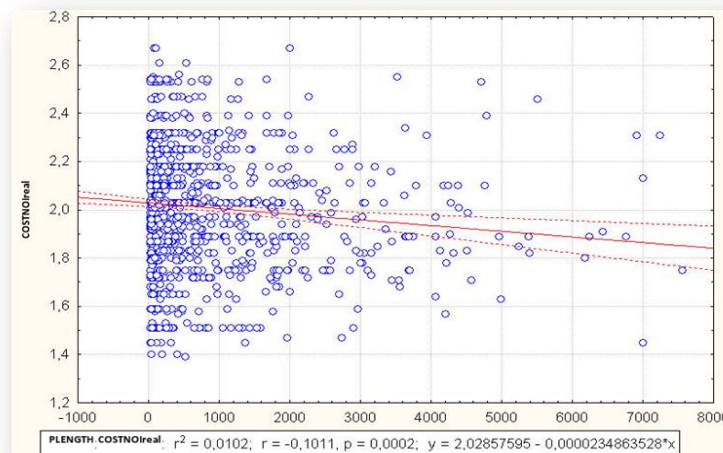


Figura 9: Regressão linear simples aplicada aos valores de custo diurnos obtidos para as localizações dos lobos marcados, em função da distância mínima percorrida pelos lobos.

Previamente a uma análise exploratória dos dados obtidos, importa verificar a disponibilidade do número de *píxeis* obtidos no modelo para cada classe de custo (Tabela 4). O apuramento destes valores permite padronizar os valores de custo das localizações dos lobos em função da disponibilidade dos diferentes níveis de custo na área de estudo.

Verifica-se uma elevada disponibilidade de áreas com custo médio (custo II) na área de estudo, seguida de áreas de custo baixo (custo I) e com menos zonas caracterizadas por custo elevado (custo III) (Tabela 4).

CUSTO I [1.259-1.902[	CUSTO II [1.902-2.546[	CUSTO III [2.546-3.189[
23250	46823	1332

Tabela 4: Número de píxeis presentes no modelo de custo diurno para cada classe de custo.

Efectuando uma análise exploratória dos dados agrupando-os nas classes pré-estabelecidas verifica-se que grande parte das localizações dos lobo encontram-se, durante o período diurno, em zonas de custo médio (Custo II) (Figura 10-a). No entanto, e uma vez que, na área de estudo, a disponibilidade de zonas de custo médio é consideravelmente superior à disponibilidade de zonas de baixo custo, deverá ter-se em atenção as frequências relativas de cada classe de custo (Figura 10-b). Desta forma, durante o período diurno, os lobos seleccionam preferencialmente zonas de baixo custo para efectuarem as suas deslocações. Não obstante, zonas de custo médio são também muito utilizadas e existindo também alguma utilização de zonas com custo elevado (Figura 10-b).

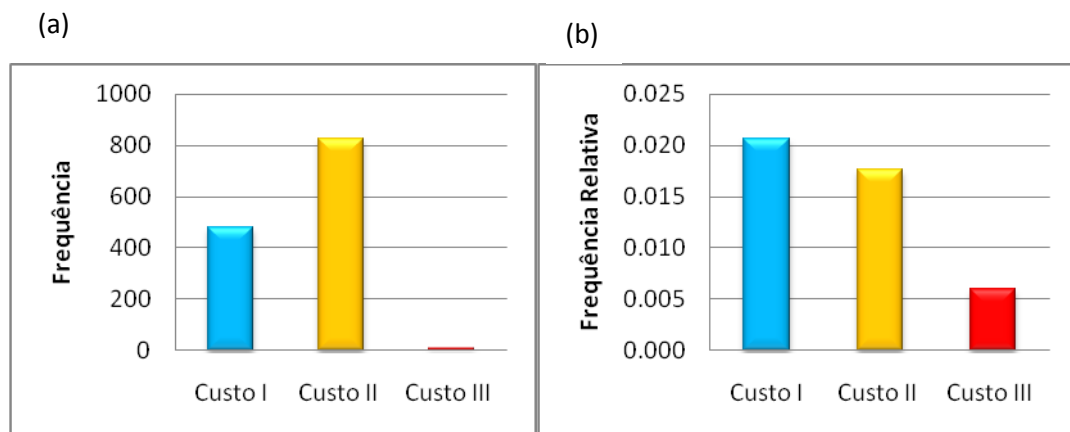


Figura 10: Frequências absoluta e relativa dos diferentes níveis de custo para as localizações dos lobos, durante o período diurno.

O número de localizações por cada classe de custo e em função das classes de distância percorrida por cada lobo encontra-se na tabela 5. Tal como se pode verificar, a grande maioria das deslocações dos lobos são de curta distância (menores do que 1km). Nesta classe de distância as localizações ocorrem maioritariamente nas classes de baixo e médio custo. É também na classe de distância I (entre 0.025 e 1 km) que aparece grande parte das localizações obtidas em zonas de custo elevado, tal como seria de esperar uma vez que para pequenas distâncias os custos energéticos poderão ser mais acentuados. No entanto, é evidente a baixa representatividade de localizações em zonas de custo elevado (N=8), o que permite deduzir uma boa performance do modelo de custo obtido.

Tendo em atenção a padronização dos valores obtidos, confirma-se que para pequenas deslocações os lobos marcados seleccionam quase indiferenciadamente zonas com custo baixo e custo médio. A partir de deslocações superiores a 1 km evidencia-se um padrão em que as zonas utilizadas são preferencialmente de baixo custo. Exceptua-se a classe de distância IV (entre 3 e 4 km) com ocorrência de localizações em zonas de baixo custo e de custo elevado (Tabela 5; Figura 11).

CLASSES DE DISTÂNCIA LINEAR PERCORRIDA (KM)	CUSTO I [1.259-1.902[	CUSTO II [1.902-2.546[	CUSTO III [2.546-3.189[
CLASSE I [0.025-1[	347	691	6
CLASSE II [1-2]	69	77	1
CLASSE III [2-3[	28	32	0
CLASSE IV [3-4[	16	12	1
CLASSE V [4-5[	11	10	0
CLASSE VI [5-6[	3	1	0
CLASSE VII [6-7[	4	3	0
CLASSE VIII [7-8[	1	1	0

Tabela 5: Número de localizações dos três lobos marcados obtidas para cada classe de custo e em função da distância percorrida pelos lobos, durante o período diurno.

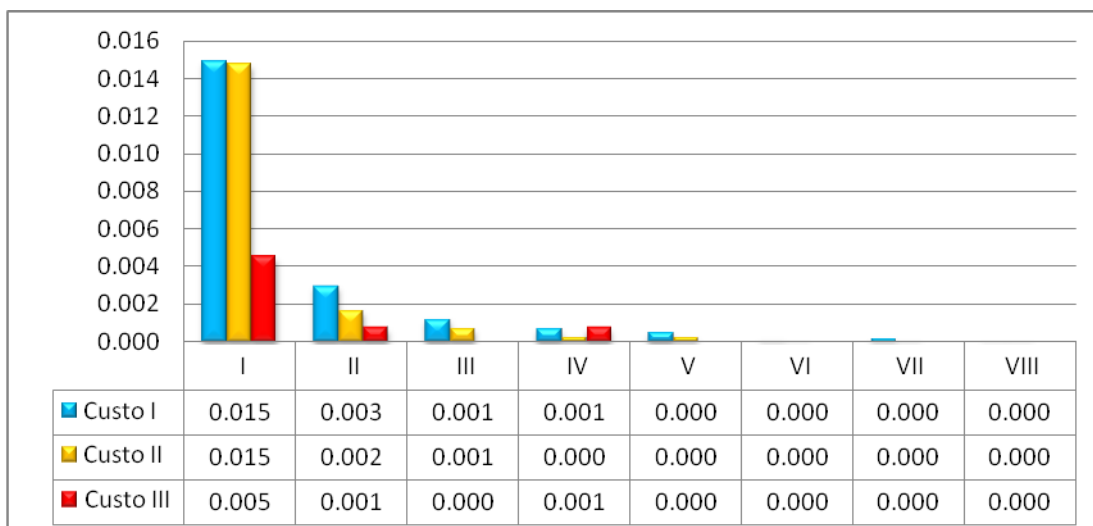


Figura 11: Frequência relativa dos valores de custo para cada classe de distância percorrida pelos lobos durante o período diurno (Classe I [0,025, 1km]; Classe II [1,2km]; Classe III [2,3km]; Classe IV [3,4km]; Classe V [4,5km]; Classe VI [5,6km], Classe VII [6,7km]).

MODELO NOCTURNO

De uma amostra original de 5887 localizações dos lobos marcados obtidas durante o período noturno foram retiradas as localizações referentes a possíveis situações de repouso por parte dos lobos (N= 2231) partindo-se de uma amostra composta por 3656 localizações.

Tal como no caso das localizações dos lobos obtidas durante o dia, também durante o período noturno, a aplicação de uma regressão linear simples aos valores de custo das localizações, em função da distância mínima percorrida pelos animais, revelou a existência de uma correlação inversamente proporcional entre essas variáveis (Figura 12). Essa correlação possui significado estatístico ($F=204.67$; $p=0.000000$).

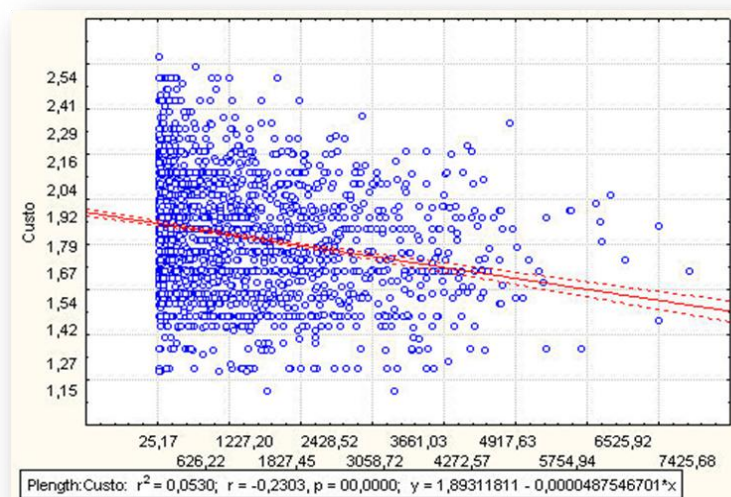


Figura 12: Regressão linear simples aplicada aos valores de custo nocturnos obtidos para as localizações dos lobos marcados, em função da distância mínima percorrida pelos lobos.

O modelo obtido é maioritariamente composto por zonas qualificadas com baixo custo (custo I); com número de *píxeis* inferior mas aproximado encontra-se a representação da classe de custo médio (custo II). Apenas 769 *píxeis* do total de 71405 são categorizados como elevado custo (custo III), sendo esta a classe menos representada na área de estudo (Tabela 6). Os valores de custo obtidos na globalidade do modelo permitiram assim padronizar os valores de custo obtidos para as localizações dos lobos.

CUSTO I [1.150-1.892[	CUSTO II [1.892-2.634[	CUSTO III [2.634-3.376[
38205	32431	769

Tabela 6: Número de *píxeis* presentes no modelo de custo nocturno para cada classe de custo.

Efectuando uma análise exploratória aos valores de custo encontrados nas localizações dos lobos marcados, verifica-se a existência de selecção preferencial por zonas de baixo custo (custo I), com bastante utilização também de zonas de custo médio (custo II). Destaca-se

ainda que não ocorrem deslocações em zonas de custo elevado (custo III) (Figura 13-a). A padronização dos valores de custo tendo em conta as suas frequências relativas confirma o padrão das frequências absolutas (Figura 13-b)

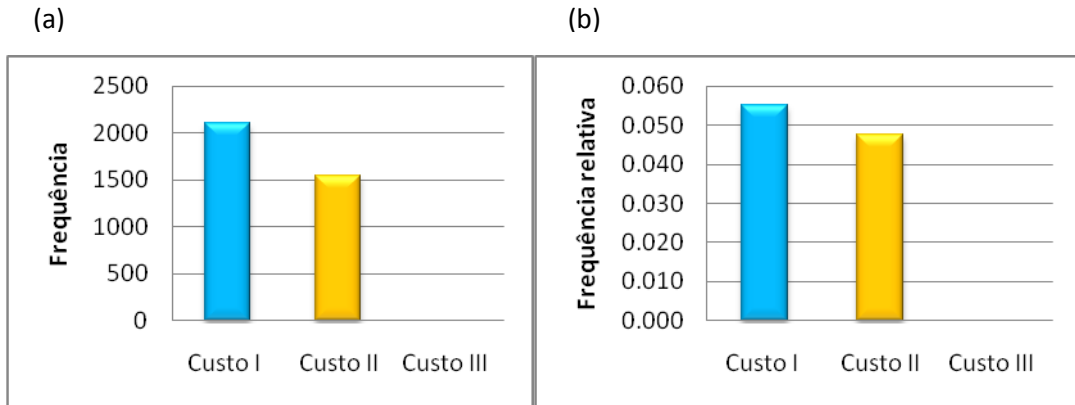


Figura 13: Frequências absoluta e relativa dos diferentes níveis de custo para as localizações dos lobos, durante o período nocturno.

O número de localizações por cada classe de custo e em função das classes de distância percorrida por cada lobo encontra-se na tabela 7.

CLASSES DE DISTÂNCIA LINEAR PERCORRIDA (KM)	CUSTO I [1.150-1.892[	CUSTO II [1.892-2.634[	CUSTO III [2.634-3.376[
CLASSE I [0.025-1[	1133	1080	0
CLASSE II [1-2]	471	258	0
CLASSE III [2-3[	264	111	0
CLASSE IV [3-4[	157	51	0
CLASSE V [4-5[	63	35	0
CLASSE VI [5-6[	15	6	0
CLASSE VII [6-7[	6	4	0
CLASSE VIII [7-8[	2	0	0

Tabela 7: Número de localizações dos três lobos marcados obtidas para cada classe de custo e em função da distância percorrida pelos lobos, durante o período nocturno.

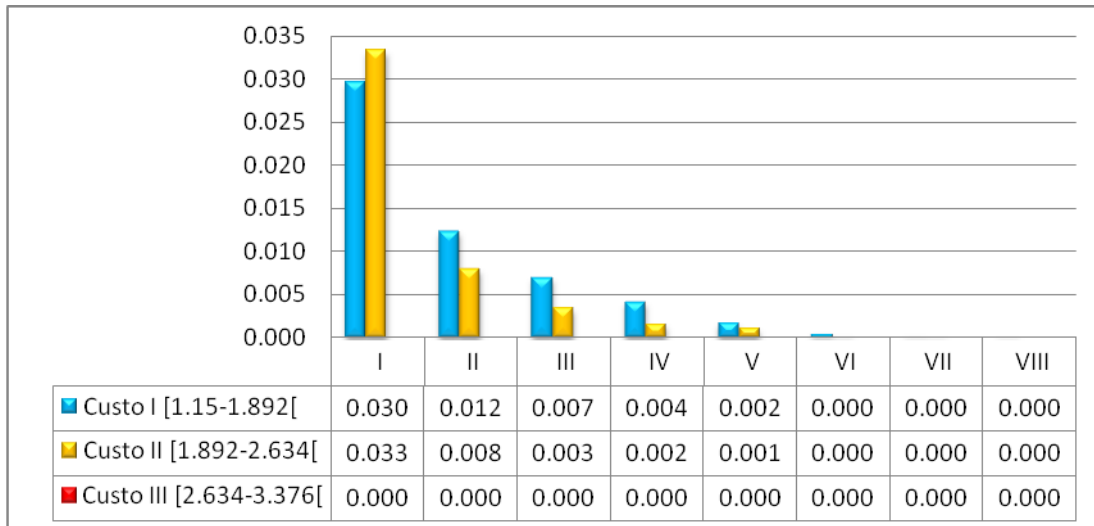


Figura 14: Frequência relativa dos valores de custo para cada classe de distância percorrida pelos lobos durante o período nocturno (Classe I [0,025, 1km]; Classe II [1,2km]; Classe III [2,3km]; Classe IV [3,4km]; Classe V [4,5km]; Classe VI [5,6km], Classe VII [6,7km]).

Tal como se verificou no modelo de custo diurno, também no que respeita ao modelo do período nocturno verifica-se que grande parte das deslocações realizadas pelos lobos são de curta distância (<1km): 2213 localizações num total de 3656 localizações (Tabela 7). Verifica-se um padrão em que o maior número de localizações se encontra em zonas de baixo custo para o lobo, evidenciando-se esse padrão à medida que as classes de distância percorridas pelos lobos aumentam. Para curtas distâncias percorridas, apesar de existir um número absoluto superior de localizações dos lobos em áreas de baixo custo, a sua representatividade é superior para zonas de médio custo (Figura 14), o que se deve ao facto de existir uma disponibilidade de células com custo II inferior à disponibilidade do custo III (Tabela 7; Figura 14). Destaca-se ainda a inexistência de localizações dos lobos marcados em zonas de custo elevado, durante o período nocturno. Todos estes factos denotam uma boa adequabilidade do modelo obtido.

Em suma, para ambos os períodos circadianos analisados existe uma preferência na utilização de zonas de menor custo por parte do lobo. Apesar desta selecção diferencial de áreas de menor custo por parte do lobo se verificar tanto de dia como de noite, ela é mais evidente durante o período nocturno, em que as zonas de custo elevado não são utilizadas. Do ponto de vista biológico a ocorrência de deslocações em zonas de elevado custo durante o dia é absolutamente viável e deverá estar relacionada com uma tentativa de

protecção de factores relacionados com o Homem. Desta forma, os custos associados à sobrevivência sobrepõem-se aos custos energéticos e os indivíduos encontram-se mais salvaguardados do Homem quando se deslocam em zonas mais declivosas ou mais florestadas, por exemplo, ao invés de realizarem as suas deslocações preferencialmente em estradões e zonas de baixo declive.

4.4 CONCLUSÃO

De seguida, e concluindo, procede-se à avaliação das hipóteses estabelecidas:

HIPÓTESE 1: Aceita-se a hipótese 1 de que a área de estudo é composta por diferentes níveis de custo para o lobo.

HIPÓTESE 2: Aceita-se a hipótese 2 de que a área de estudo possui padrões de custo para o lobo diferenciais entre o período diurno e o período nocturno devido aos factores antropogénicos;

HIPÓTESE 3: Aceita-se a hipótese 3 tendo em conta os valores de custo padronizados: o número de localizações dos lobos marcados diminui à medida que o custo aumenta para o modelo relativo ao período diurno e para o modelo relativo ao período nocturno.

HIPÓTESE 4: Aceita-se a hipótese 4 de que o número de localizações dos lobos marcados diminui em zonas de custo elevado à medida que a distância percorrida pelos lobos aumenta.

HIPÓTESE 5: Aceita-se a hipótese 5: os modelos de custo diurno e nocturno são válidos.

CAPÍTULO V – SELECÇÃO DO *HABITAT* PELO LOBO

5.1. INTRODUÇÃO

A avaliação das relações entre os indivíduos de uma população e o ambiente envolvente serve de base a grande parte dos estudos ecológicos, assumindo grande importância tanto a nível teórico como ao nível da gestão e conservação das espécies (BASILLE *et al* 2008). Em particular, a quantificação da selecção do *habitat* proporciona informação fundamental acerca dos requisitos necessários à sobrevivência das espécies (MANLY *et al.* 1993) sendo crucial para a conservação e gestão da vida selvagem e dos seus *habitats*.

Vários são os estudos de investigação que analisam variáveis correlacionadas com a presença das espécies quantificando essas variáveis em função da sua distância (e.g. distância a núcleos urbanos). A grande lacuna destes estudos relaciona-se com o facto de a quantificação dessas distâncias ser linear, euclidiana, de Mahalanobis (e.g. Cayuela 2004), etc. Esta avaliação é, contudo, pouco realista uma vez que factores que provocam resistência/custo aos animais, como sejam a orografia, a presença humana, não são considerados. A distância constitui um conceito básico inerente a qualquer espaço geográfico. Esta noção é um factor chave em ecologia populacional e especialmente em análises de deslocações de animais. No que respeita à ecologia da paisagem a distância espacial é de primordial importância nos conceitos de conectividade e fragmentação (FORMAN 1995). A distância euclidiana é a mais simples medida de distância. A fragilidade desta medida encontra-se no pressuposto de um contexto espacial neutro, o que não é realista e raramente justificável quando se trata de estudos de movimentos de animais (MATTHIOPOULOS 2003): o *habitat* das espécies estudadas, a configuração do *habitat*, dos recursos, corredores ou os estrangimentos às suas deslocações resultam num espaço muito heterogéneo alterando consequentemente a distância euclidiana. Tendo isto em conta, vários autores têm demonstrado o interesse de utilizar distâncias de custo que têm em conta a heterogeneidade espacial. Estas distâncias são computadas de dados *raster* e permitem atribuir um valor de resistência ao movimento para cada classe da paisagem denominado “atrito”. As distâncias de custo são frequentemente designadas por “distâncias efectivas” (FERRERAS 2001).

Neste capítulo pretende-se efectuar uma análise da selecção do *habitat* por parte dos lobos marcados com colar GPS tendo em conta as variáveis limitantes à presença desta espécie.

No caso das variáveis quantificáveis recorrendo às distâncias serão consideradas as distâncias de menor custo. O pressuposto assumido é o de que as resistências impostas pelos factores antropomórficos, orográficos, etc., traduzem-se num custo acrescido à presença e às deslocações do lobo pelo que, em alguns casos, a distância efectiva poderá ser superior à distância linear. Seguem-se alguns exemplos hipotéticos que sustentam o pressuposto conceptual deste capítulo.

- (i) Uma zona muito utilizada pelo lobo encontra-se próxima de uma povoação (baixa distância linear); porém, poderá acontecer que entre essa povoação e o centro de actividade do lobo se encontre um vale encaixado. Isto significa que a resistência oferecida pelo *habitat* salvaguarda o centro de actividade do lobo dos potenciais efeitos negativos provocados pela existência dessa povoação. Da mesma forma, a concretização de uma deslocação do lobo a essa povoação será preferencialmente efectuada por outra zona que não o vale, isto é, pela zona de menor custo existente nas proximidades, e é essa distância efectivamente percorrida que traduz a distância efectiva;
- (j) Um centro de actividade de um lobo encontra-se a uma distância linear baixa de uma floresta cujas características são adequadas para o lobo; porém, poderá encontrar-se uma estrada asfaltada entre o centro de actividade e a referida floresta. A existência de uma estrada proporcionará resistência/custo ao lobo na medida em que esta será evitada pelo risco que lhe é inerente. Desta forma, o acesso por parte do lobo a essa floresta partindo do centro de actividade carece de uma distância percorrida superior que corresponderá à distância de menor custo.

A avaliação da selecção do *habitat* tendo em conta as variáveis significativas à presença e aos movimentos por parte dos lobos marcados será efectuada recorrendo a uma análise de *Clusters*. Pretende-se estabelecer comparações entre a selecção do *habitat* durante o período de maior inactividade dos lobos (período diurno), ou seja, para locais de refúgio e durante o período nocturno, ou seja, para deslocações dentro e fora do território da alcateia.

Apresentam-se de seguida as hipóteses a serem testadas no âmbito deste capítulo:

HIPÓTESE 1: Existem variáveis que determinam a selecção de locais por parte dos lobos marcados;

- HIPÓTESE 2:** A selecção do *habitat* varia entre os lobos marcados;
- HIPÓTESE 3:** A selecção do *habitat* varia em função do período circadiano;
- HIPÓTESE 4:** A selecção do *habitat* é função das distâncias percorridas pelos lobos, variando entre locais de refúgio e locais onde ocorrem deslocações;
- HIPÓTESE 5:** A selecção do *habitat* varia em função do sexo e/ou do estatuto social dos lobos;
- HIPÓTESE 6:** Existe uma relação entre a selecção do *habitat* e as áreas vitais e os centros de actividade diurnos e nocturnos dos lobos marcados;
- HIPÓTESE 7:** A metodologia utilizada permite responder adequadamente às hipóteses 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

5.2. MÉTODOS

5.2.1. VARIÁVEIS

A selecção das variáveis e o seu pré-processamento foram em tudo semelhantes aos realizados no capítulo IV, sub-capítulo 4.2.1.

Além das variáveis ambientais utilizadas no capítulo IV foi também calculada a distância linear percorrida por cada lobo entre cada duas localizações temporalmente consecutivas, de forma a obter uma medida do nível de deslocação dos animais em cada período. Importa lembrar entre cada duas localizações de um lobo encontra-se um período de 2h05m. Sempre que não foi calculada alguma localização do lobo em causa, o valor da distância percorrida deu entrada na análise como *missing value*.

A variável “uso do solo” devido às suas características de variável categórica, não deu entrada no treino do SOM, pelo que a sua influência nos *Clusters* obtidos foi verificada na análise *post-hoc* (sub-capítulo 5.2.3.3).

5.2. 2 CAMINHO DE MENOR CUSTO PONDERADO

Esta abordagem ao espaço pode ser calculada através da extensão *Spatial Analyst (Shortest path)* desenvolvidas pela ESRI para o ArcGIS 9.3©. Esta extensão é semelhante a operações que calculam a distância euclidiana a uma entidade mas, em vez disso, esta extensão calcula o menor valor de distância de custo de cada célula até à entidade de origem. Deste

modo, não é calculada a distância em unidades geográficas (metros, quilómetros, etc.), mas sim em unidades de custo. O tema de custo (obtido no capítulo IV) atribui uma impedância ou resistência sob uma determinada unidade a cada uma das células. O valor atribuído a cada célula é assumido como a representação do custo de atravessamento ou passagem por essa porção do espaço geográfico (ESRI, 1998).

Para iniciar o processo de cálculo dos caminhos de menor custo, a extensão necessita de um *raster* de *input* que identifica o custo do caminho para cada célula. Devido à complexidade do processo em análise, foi necessário que este *raster* representasse vários critérios. Assim, numa primeira fase procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica que incidisse nas variáveis ambientais que afectam a presença e os movimentos do lobo. Foram seleccionadas as variáveis declive, altitude, vegetação, presença de linhas de água de ordem 1 e 2, presença de linhas de água de ordem 3, presença de estradões (estradas de terra batida) e trilhos e presença de estradas asfaltadas. Cada um deste conjunto de dados encontra-se em diferentes sistemas de medida pelo que não são comparáveis. Desta forma, teve que proceder-se a uma reclassificação das variáveis para uma escala comum. Quanto à variável categórica vegetação foi necessário proceder as duas reclassificações: uma primeira em que foram agrupadas as classes presentes na fonte de informação utilizada, COS90, em seis novas classes; por sua vez, este *raster* de *output* foi reclassificado em função das características de custo para o lobo relativa a cada biótopo. Estas reclassificações tiveram por base uma análise pericial realizada por seis especialistas no estudo do lobo ibérico e com conhecimento da área de estudo.

As variáveis utilizadas na análise não possuem pesos semelhantes no que se refere ao custo de deslocação do lobo, pelo que foram atribuídas ponderações para cada delas, totalizando as 8 variáveis 100% (Ver figura 15).

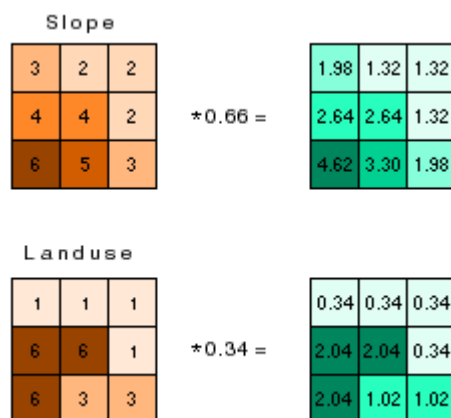


Figura 15: Diagrama representativo do processo conceptual de atribuição de ponderações (66% de peso para o declive; 34% de peso para o uso do solo) (Adaptado de ESRI, 2007).

O *raster* de custo final foi o resultado da adição de todos os *rasters* ponderados; para tal recorreu-se à função raster calculator do ArcGIS 9.3© (Figura 16).

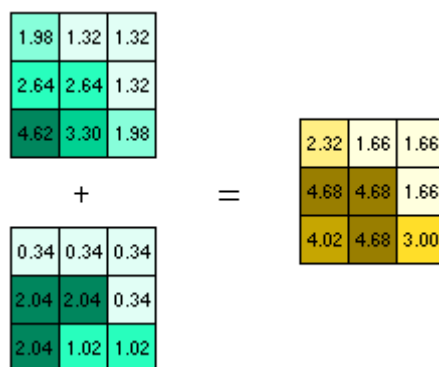


Figura 16: *Raster* de custo final resultante da adição dos *rasters* ponderados (Adaptado de ESRI, 2007).

De seguida, foram calculadas superfícies de direcção e distância criadas com a função *Cost Weighted* e que serviram de *input* para a análise do caminho de menor custo. Os valores das células destas superfícies não são valores de distância mas sim valores de custos acumulados.

A forma desta extensão funcionar baseia-se um algoritmo que utiliza a representação das células por nós e ligações. Os nós são os centros das células que estão ligados aos nós

adjacentes por ligações. Cada ligação tem associado o valor da impedância ou resistência que deriva do atributo das células do tema de custo e da direcção da ligação. Se a direcção for vertical ou horizontal, o custo de atravessamento de uma célula para outra é metade da soma dos custos de ambas as células (Figura 17).

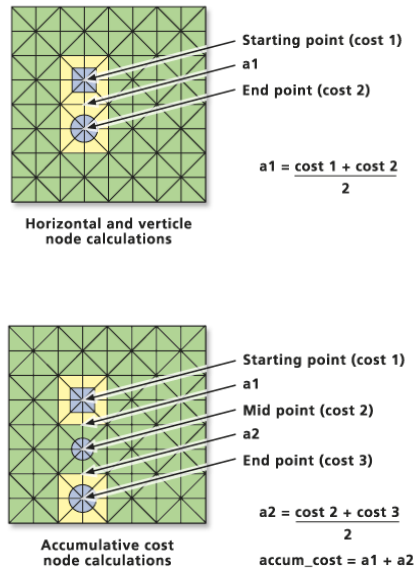


Figura 17: Fórmulas de cálculo do custo das ligações verticais e horizontais pela extensão *Cost Distance* (Adaptado de ESRI, 2007).

Se a direcção for diagonal, o custo de atravessamento de uma célula para outra é o produto entre a metade da soma dos custos de ambas as células e a raiz quadrada da soma dos quadrados dos catetos formados pelas ligações (Figura 18).

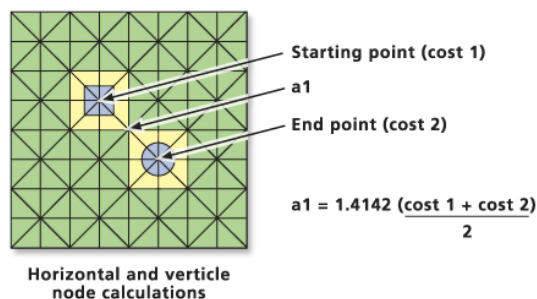


Figura 18: Fórmulas de cálculo do custo das ligações diagonais pela extensão *Cost Distance* (Adaptado de ESRI, 2007)

Com estas fórmulas de cálculo dos custos, o algoritmo não só calcula o custo de atravessamento de célula em célula como atribui a cada uma o menor valor acumulado até à origem. O processo começa por identificar as células de origem pertencentes ao tema de origem. De seguida, as células contíguas são activadas e é calculado o custo das ligações entre os respectivos nós e os nós das células de origem, sendo atribuído o menor valor a cada uma das células contíguas um novo tema (tema de saída) (Figura 19).

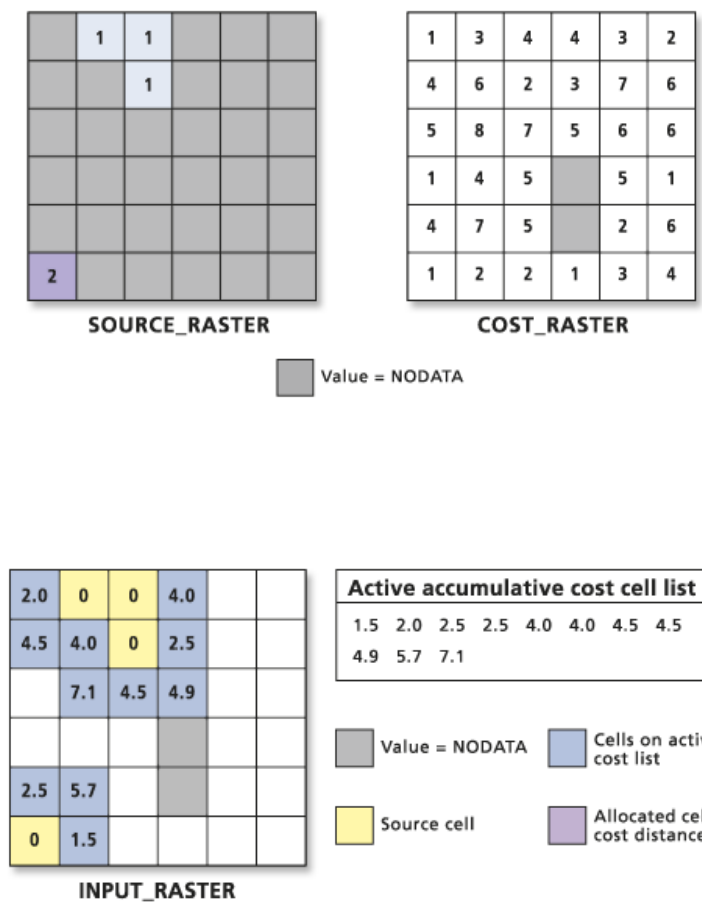


Figura 19: Início do processo do cálculo de atravessamento pela extensão *Cost Distance* (Adaptado e ESRI, 2007)

O passo seguinte é alargar a lista de células activas às células contíguas à seleccionada, que tem o valor mais baixo uma vez que, através desta, já têm forma de chegar às células de origem (Figura 20)

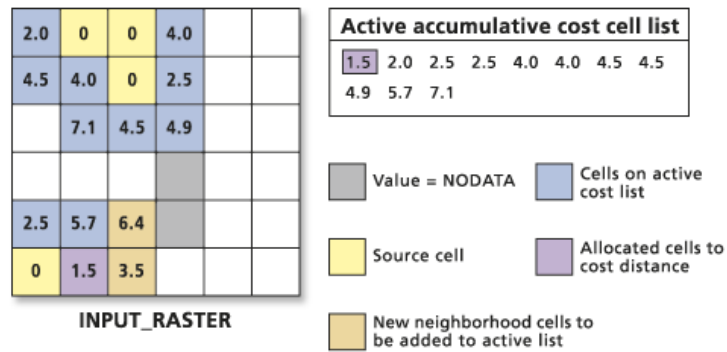


Figura 20: Continuação do processo de cálculo do custo de atravessamento pela extensão *Cost Distance* (Adaptado de ESRI, 2007).

Apenas as células que têm a possibilidade de chegar às células de origem podem ser activadas e o respectivo valor de custo é obtido através das fórmulas que calculam o valor de custo acumulado (ESRI, 2007). O processo repete-se sempre na mesma forma até que todas as células tenham sido activadas e preenchido o tema de saída (Figura 21). Este tema tem, assim, o menor valor acumulado de custo de cada célula até à origem.

Tirando partido desta operação de análise espacial, foi então possível avaliar o custo de deslocação de um lobo a partir das localizações obtidas via colar GPS.

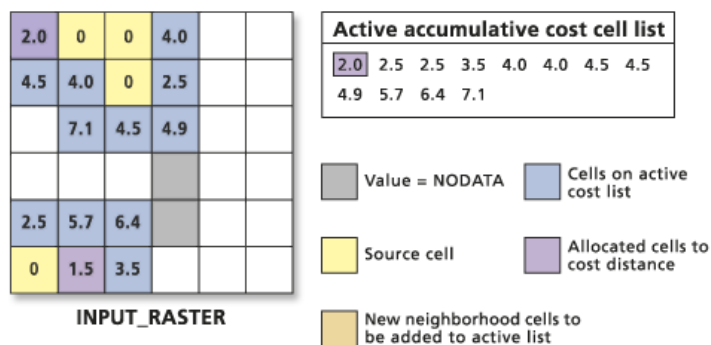


Figura 21: Continuação do processo de cálculo do custo de atravessamento pela extensão *Cost Distance* (Adaptado de ESRI, 2007).

A análise do caminho de menor custo é feita através da extensão *Shortest Path (Spatial Analyst)* tendo como *inputs* os *raster* de custo de direcção e de distância e atribuindo um ponto de origem e um ponto de destino. Neste procedimento são avaliados os oito vizinhos de cada célula. O caminho percorre as células que têm o menor custo acumulado. Este processo é repetido até a origem e o destino se encontrarem ligados. O caminho resultante representa a soma mais baixa de valores de células entre os dois pontos.

Para iniciar o processo de cálculo dos caminhos de menor custo entre as localizações dos lobos e todas as variáveis ambientais, a extensão necessita de dois *rasters* de *input* que identificam o custo do caminho para cada célula: (1) *cost distance raster* e (2) *cost direction raster*. Estes *rasters* obtêm-se a partir do *raster* de custo obtido no capítulo IV.

A existência de algumas limitações computacionais no cálculo das distâncias de menor de custo entre as localizações dos lobos e as variáveis em análise exigiu que se efectuasse uma sub-amostragem dos pontos relativos às localizações dos lobos. Como tal, foi estabelecida uma grelha de 500x500 metros cujo centróide constituiu o ponto de destino de todas as localizações que se encontrassem dentro da respectiva quadrícula.

Após efectuados os cálculos das distâncias de menor custo entre todas as localizações dos lobos e todas as variáveis em análise, foi elaborada uma matriz [$n_{\text{variáveis}} \times l_{\text{localizações}}$] que deu entrada na análise de *Clusters*.

5.2. 3 ANÁLISE DE CLUSTERS

5.2.3.1. PRÉ-PROCESSAMENTO

A preparação dos dados envolveu a eliminação de dados incorrectos e não validados devido ao número insuficiente de satélites na aquisição das localizações pelo colar GPS.

Relativamente ao pré-processamento, foi efectuada a normalização dos dados pelo método *Zscore*¹, um processo simples de transformação das variáveis. Ao normalizarmos todas as variáveis de *input*, cooperamos para que tenham uma contribuição idêntica no processo de optimização (BAÇÃO 2009). Esta normalização é a mais adequada em função dos dados em

¹ Normalização *Zscore*: $x = (x - \text{média}) / \text{desvio padrão}$

análise, nomeadamente pela sua resistência aos *outliers*, em relação a uma normalização min-max (BAÇÃO 2009).

5.2.3.2. O SELF-ORGANIZING MAP COMO FERRAMENTA NA ANÁLISE DE CLUSTERS

No âmbito deste trabalho, um *Cluster* representa um conjunto de localizações dos lobos marcados cujas características relativas às variáveis em análise são semelhantes entre si.

Para obtenção dos *Clusters* recorreu-se à utilização do algoritmo SOM implementado através do software SOM-PAK©, versão 3.1.

O SOM consiste em neurónios organizados numa grelha regular de baixa dimensão, cada um dos quais representado por um vector de ponderação com a mesma dimensão dos vectores de entrada. Cada neurónio é um vector no espaço de entrada, tal como os padrões de dados. Durante o treino, os neurónios são puxados para as posições dos dados de entrada, arrastando consigo os seus vizinhos no espaço de saída. O mapa pode ser entendido como uma superfície de borracha que é esticada e torcida de modo a passar pelos padrões de dados ou, pelo menos, a ficar perto deles. Os padrões de entrada são comparados com todos os neurónios e o mais próximo é considerado o neurónio vencedor; o vencedor actualiza-se de modo a aproximar-se mais do padrão de dados que representa e os seus vizinhos actualizam-se também. Existe sempre uma diferença entre os dados e os neurónios que os representam. Essa diferença é o erro de quantização (GORRICH & LOBO 2009).

O SOM é um algoritmo de implementação e execução que labora em quatro fases distintas, designadamente: inicialização, treino, evolução do erro de quantização e visualização do mapa topológico (KOHONEN *et al.* 1995).

O treino de uma rede SOM necessita da especificação de um elevado número de parâmetros. Esta diversidade advém da natureza heurística do SOM e da falta de um critério objectivo a atingir durante o treino. Os melhores parâmetros são, assim, obtidos através da experimentação sendo as diferenças, na maioria das vezes, de pormenor. A determinação dos parâmetros de aprendizagem é normalmente empírica, baseada na experiência do utilizador e em métodos de tentativa e erro (HENRIQUES & BAÇÃO 2004).

Optou-se por um SOM bidimensional, para uma melhor visualização, e hexagonal e com uma função de vizinhança gaussiana por serem os parâmetros mais usados para a construção de um SOM. A grelha hexagonal é preferível (WU & TAKATSUKA 2005), permitindo uma visualização mais intuitiva. O tamanho do mapa é condicionado em parte pelo tamanho da amostra. O tamanho do SOM depende do tipo de problema e objectivo. A literatura demonstra que a sua determinação é um processo empírico (KOHONEN 2001). Após vários testes aos resultados obtidos em função de diferentes tamanhos do mapa do SOM, optou-se por uma dimensão de 4*4 neurónios, um valor bastante inferior ao número de amostras consideradas na análise mas permitindo uma apresentação multivariada do espaço de *input* e uma interpretação mais adequada para a delimitação visual dos *Clusters*.

A vizinhança e a taxa de aprendizagem são funções monótonas decrescentes no tempo durante todo o processo. Independentemente da função de vizinhança escolhida é importante iniciar o processo de treino com um raio inicial amplo (KOHONEN 2001).

Não existindo receitas pré-definidas, a estratégia mais adequada é, sem dúvida, experimentar diferentes processos de aprendizagem com diferentes valores iniciais e aplicando diferentes sequencias de vectores de treino com distintos parâmetros de aprendizagem (KOHONEN 2001). Este mapa deverá possuir o mais baixo erro de quantização já que foi o que melhor se ajustou ao mesmo conjunto de dados. O erro médio de quantização é, assim, um óptimo índice de performance dos mapas.

O resultado directo da aplicação do algoritmo do SOM é a distribuição das amostras num mapa topológico. De acordo com as propriedades do algoritmo, as amostras que se encontram no mesmo neurónio são muito semelhantes e semelhantes às que se encontram na sua vizinhança mais próxima.

A constituição de *Clusters* é efectuada reagrupando os neurónios vizinhos que contém amostras semelhantes entre si. A delimitação dos *Clusters* foi efectuada através da matriz de U (*U-Matrix*), numa abordagem seguida por ULTSCH & SIEMON (1990). A matriz de U apresenta as distâncias entre os diversos neurónios representada por uma escala de cinzentos em que os cinzentos mais escuros representam distâncias maiores e os cinzentos claro indicam proximidade entre os neurónios.

O algoritmo do SOM foi aplicado a seis amostras distintas, para as localizações relativas aos três lobos marcados e, em cada um dos lobos, durante o período diurno e nocturno

5.2.3.3. ANÁLISE POST-HOC

Uma vez agrupados os neurónios mais próximos entre si e constituídos os *Clusters* procedeu-se a uma análise do comportamento de cada variável nesses *Clusters*. Para tal, foram realizadas análises estatísticas básicas recorrendo ao Microsoft Excell 2007©.

A existência de diferenças significativas entre as variáveis dos diferentes *Clusters* foi verificada através da aplicação do teste ANOVA. Posteriormente, e com o objectivo de verificar quais as variáveis que contribuíram para a existência de diferenças significativas entre os diversos *Clusters* foi efectuado o teste de *Tukey*. Nestas análises recorreu-se ao programa SPSS 13.0©

A variável “uso do solo” foi analisada em função da percentagem de cada classe de uso do solo presente nas amostras de cada *Cluster*.

5.2.3.4. ANÁLISE ESPACIAL

A visualização espacial dos *Clusters* obtidos para cada amostra foi efectuada recorrendo ao ArcGIS 9.3©. A comparação entre as áreas vitais e centros de actividade diurnos e nocturnos para cada lobo e os *Clusters* obtidos foi também realizada no ArcGIS 9.3©. O cálculo das áreas vitais e dos centros de actividade foi efectuado através da extensão *Hawths Tools* recorrendo ao método probabilístico de Kernel. O Método de Kernel é um método não paramétrico que calcula, assumindo que as localizações são independentes (HARRIS *et al.* 1990), a função de probabilidade de ocorrência do animal em cada ponto do espaço, a partir da densidade de localizações (WORTON 1989; SEAMAN & POWELL 1996). No contexto da análise da área vital, a densidade de um conjunto de localizações é uma estimativa da quantidade de tempo aí despendida. Este método permite estimar áreas vitais sem pressupostos de forma, com um ou mais centros de actividade, sendo mais aproximado da realidade biológica. A aplicação do algoritmo de kernel requereu que fosse retirada apenas 1 localização por período diurno e nocturno, assegurando a independência dos dados (HARRIS *et al.* 1990).

5.2. 4 ANÁLISE COMPARATIVA

Foi efectuada uma análise comparativa entre os três lobos marcados para cada variável, durante o período diurno e nocturno. A existência de diferenças significativas entre as

variáveis dos diferentes *Clusters* foi verificada através da aplicação do teste ANOVA. Posteriormente, e com o objectivo de verificar quais as variáveis que contribuíram para a existência de diferenças significativas entre os diversos *Clusters* foi efectuado o teste de *Tukey*. Nestas análises recorreu-se ao programa SPSS 13.0©

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De seguida são descritos os principais resultados obtidos na análise da selecção do *habitat* e da influência de várias variáveis nos movimentos dos três lobos capturados (lobo #4363, lobo #4364 e lobo #4363-B), durante o dia e durante a noite.

5.3.1. CAMINHO DE MENOR CUSTO PONDERADO

Para todas as localizações dos lobos marcados foram calculadas as variáveis quantificadas através da distância de menor custo. Como exemplo, nas figuras 22 e 23 encontra-se o exemplo dos *rasters* de distância e direcção de menor custo à variável tecido urbano que permitiram calcular o caminho de menor custo entre o tecido urbano e cada localização dos lobos marcados. No caso das variáveis declive e altitude foi apenas retirado o valor exacto para cada amostra. Desta forma, foi possível obter a matriz de dados composta por oito variáveis e número de amostras variável em função do lobo e do período circadiano em análise (Tabela 8) que deu entrada no algoritmo de SOM (capítulo 5.3.2.)

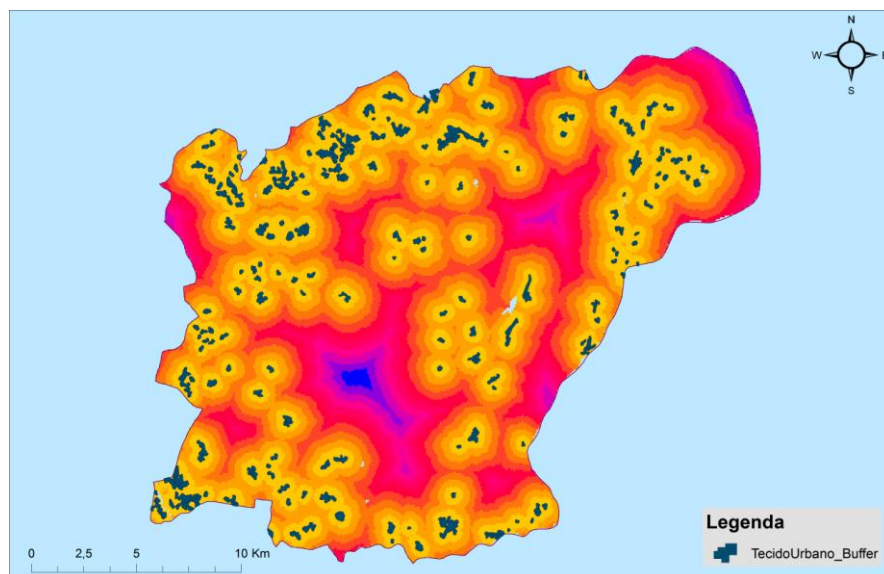


Figura 22: Superfície de distância de menor custo à variável “tecido urbano”.

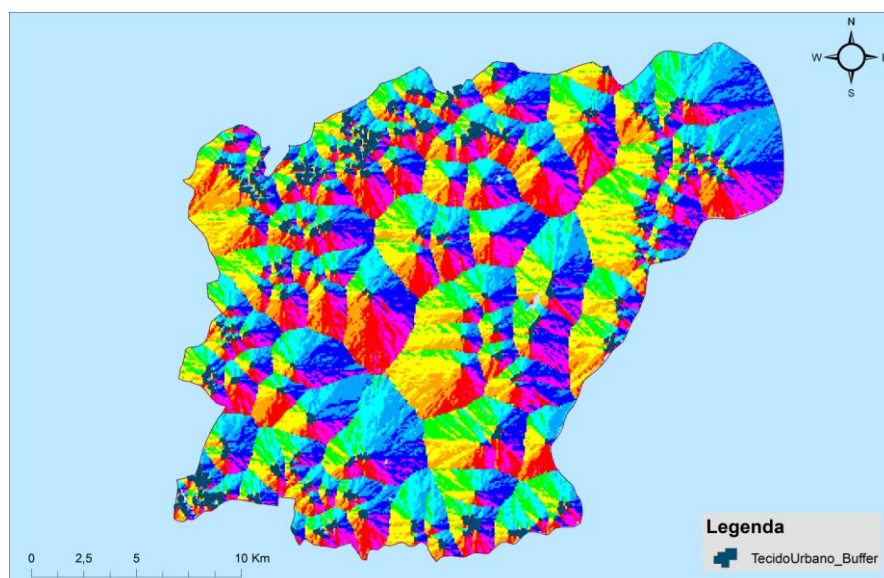


Figura 23: Superfície de direção de menor custo à variável” tecido urbano”.

LOBO #4363		LOBO #4364		LOBO #4363-B	
PERÍODO DIURNO	PERÍODO NOCTURNO	PERÍODO DIURNO	PERÍODO NOCTURNO	PERÍODO DIURNO	PERÍODO NOCTURNO
8 X 410	8 X 407	8 X 452	8 X 505	8 X 1942	8 X 1971

Tabela 8: Dimensão da matriz de dados n X l (n=variáveis; l=amostras)

5.3.2. ANÁLISE DE CLUSTERS

A análise dos resultados foi efectuada com base na matriz (*U-matrix*) que permitiu agrupar os neurónios mais próximos entre si em *Clusters*, sendo que os cinzentos mais claros indicam maior proximidade entre os neurónios ao contrário dos cinzentos mais escuros. Uma vez obtidas as matrizes U resultantes do SOM-PAK© foi possível delinear os *Clusters* em função da proximidade entre neurónios e da análise dos planos da globalidade das variáveis. De seguida apresentam-se os resultados obtidos para os três lobos.

5.3.2.1. LOBO #4363

▪ PERÍODO DIURNO

Na figura 2.1 do anexo 2 encontra-se a matriz de U resultante do treino do SOM para o período diurno e o respectivo agrupamento dos neurónios em quatro *Clusters*, bem como o plano relativo à variável “Distância às estradas asfaltadas”. O erro de quantização obtido foi de 1.05. Os planos de todas as variáveis auxiliaram no processo de delimitação dos *Clusters*.

Uma análise das amostras atribuídas a cada *Cluster* permite verificar que o *Cluster 2* é o mais representado, possuindo a grande maioria dos registos que deram entrada no treino do SOM (Figura 24).

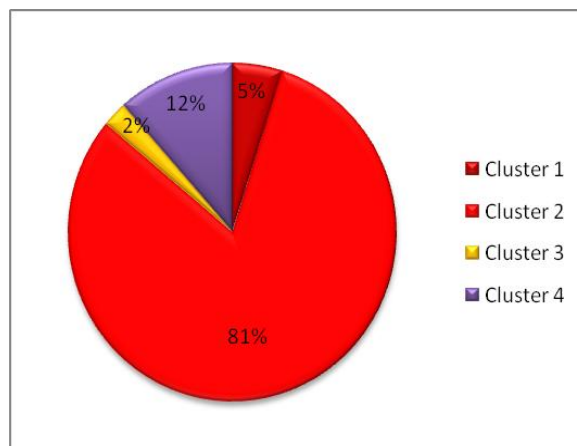


Figura 24: Número de registos por *Cluster* para o lobo #4363 durante o período diurno.

O *Cluster 1*, representado por apenas 5% das localizações do lobo #4363, destaca-se dos restantes *Clusters* pela sua amostra possuir o declive mais elevado e a menor altitude comparativamente com os restantes *Clusters*. As localizações do lobo para a amostra que compõe este *Cluster* ocorreram a distâncias médias inferiores a 1km a factores de perturbação humana (estradas asfaltadas e tecido urbano), sendo essas distâncias significativamente inferiores às verificadas para os restantes *Clusters*. Também se verifica uma elevada proximidade a pequenas linhas de água (em média a 34m de distância) e um afastamento de rios de ordem 1 e 2. Este é o *Cluster* cujas localizações se encontraram mais próximo de trilhos. Este *Cluster* representa pequenas deslocações por parte do lobo #4363 (média inferior a 500m). Todas as ocorrências do lobo marcado verificaram-se em zonas de pastagens (Figura 25; Figura 26; Anexo 3; Tabela 3.1).

Uma análise das características das variáveis que permitiram diferenciar o *Cluster 2* dos restantes permite verificar que a amostra contida neste *Cluster* possui o declive mais baixo e a mais elevada altitude. O lobo #4363 encontra-se, durante o período diurno, maioritariamente afastado de factores de perturbação humana, como as povoações e as estradas asfaltadas. Verifica-se ainda uma utilização preferencial de pequenas linhas de água (Rios de ordem 3), ao contrário dos rios de ordem 1 e 2 que se encontram afastados da maioria das localizações deste lobo. Os trilhos não parecem ser um factor de selecção preferencial por parte deste lobo durante o dia. As deslocações efectuadas pelo lobo #4363 durante o período diurno são curtas (em média inferiores a 0.5km). O biótopo pastagens apresenta-se com uso preferencial (65%) por parte do lobo #4363; 27% das localizações contidas no *Cluster 2* encontram-se em afloramentos rochosos e uma percentagem reduzida (7%) das localizações encontram-se em zonas florestadas (Figura 25; Figura 26; Anexo 3; Tabela 3.1).

O *Cluster 3* possui uma quantidade residual de localizações (2%) e destaca-se dos restantes por equivaler às grandes deslocações realizadas durante o dia pelo lobo #4636. Essas deslocações ocorrem em zonas afastadas de factores de perturbação humana, tais como povoações e estradas asfaltadas, não acontecem em trilhos, uma vez que estes se encontram afastados das coordenadas do lobo. Estas ocorrências acontecem próximo de pequenas linhas de água e em encostas relativamente declivosas (16%).

O *Cluster 4* inclui 12% das localizações do lobo #4363 durante o período diurno. As localizações obtidas para este *Cluster* encontram-se em zonas declivosas, com altitudes

médias de 986 metros. Este *Cluster* destaca-se dos restantes por as suas localizações serem caracterizadas pelas maiores distâncias a factores de perturbação humana - estrada asfaltada e povoações, sendo essa distância significativamente superior quando comparada com os restantes *Clusters*. A amostra de localizações relativa ao *Cluster* 4 encontra-se muito próxima de rios de ordem 1 e 2, sendo essa distância significativamente inferior quando comparada com os *Clusters* 1 e 2. O *Cluster* 4 possui também as localizações mais afastadas das pequenas linhas de água (rios de ordem 3) não sendo as diferenças entre *Clusters* relativamente a esta variável estatisticamente significativas. Este *Cluster* é ainda caracterizado por deslocações por parte do lobo em média superiores a 1.5km. Verifica-se uma preferência por zonas de pastagens (72% das localizações) e uma representatividade considerável de zonas florestadas, representando 28% (Figura 25; Figura 26; Anexo 3; Tabela 3.1).

Em suma, durante o período diurno, o lobo #4363 selecciona preferencialmente locais pouco declivosos de elevada altitude e afastados de factores de perturbação humana. Nestas circunstâncias, as deslocações efectuadas são muito reduzidas. Sempre que existem deslocações superiores a 1km, estas ocorrem em áreas mais afastadas de factores de perturbação humana, próximas de pequenas linhas de água ou então de rios e em zonas declivosas. Quanto ao uso do solo. Verifica-se uma selecção preferencial por zonas de pastagens, evitando zonas agrícolas e de floresta degradada.

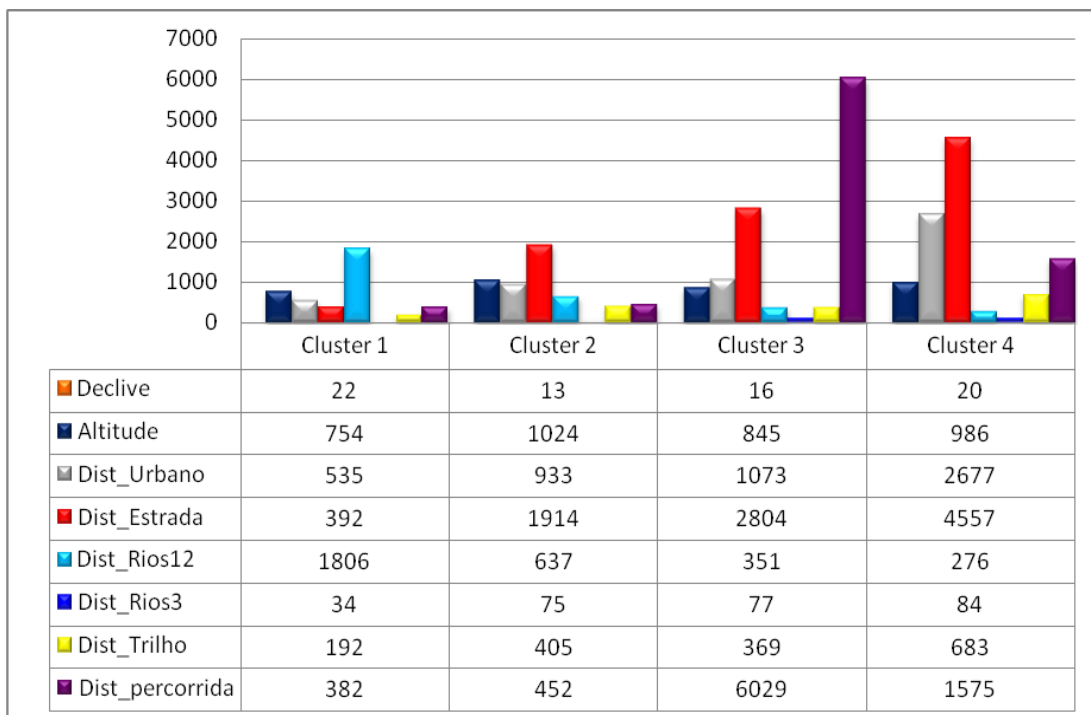


Figura 25: Média das variáveis para cada *Cluster* do lobo #4363 durante o período diurno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

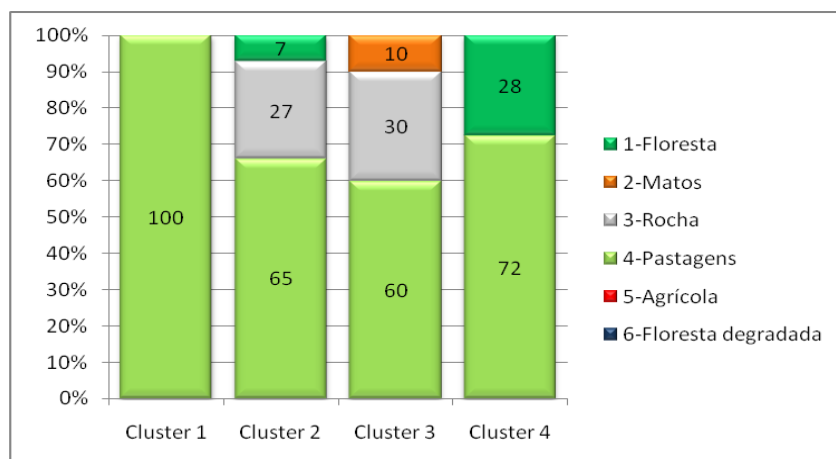


Figura 26: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4363 durante o período diurno.

▪ PERÍODO NOCTURNO

Na figura 2.2 do anexo 2 encontra-se a matriz de U resultante do treino do SOM para o período noturno e o respectivo agrupamento dos neurónios em *Clusters*, bem como o

plano relativo à variável “Distância às estradas asfaltadas”. O erro de quantização para esta matriz foi de 0.96.

O *Cluster 1* inclui a grande maioria das localizações do lobo #4363 durante o período noturno, seguindo-se os *Clusters 4* e 6, com um total de 13% das localizações. Os *Clusters 2, 3* e 5 incorporam uma amostra pequena (Figura 27).

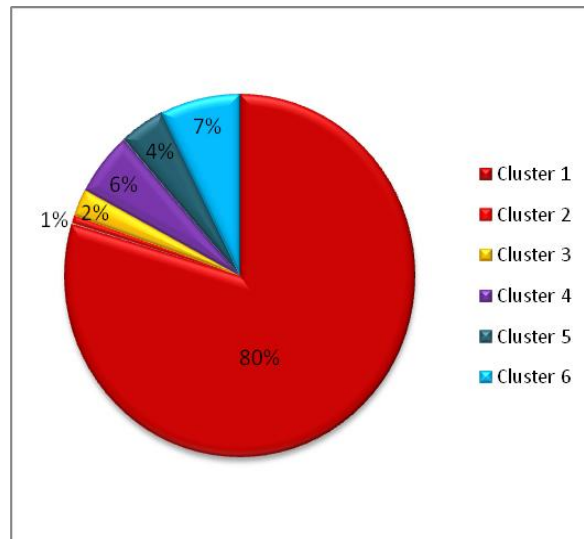


Figura 27: Número de registos por *Cluster* do lobo #4363 durante o período noturno.

O *Cluster 1* caracteriza-se por baixos declives e zonas de altitude elevada, afastadas de estradas asfaltadas e de povoações. As ocorrências verificadas neste *Cluster* encontram-se próximo de pequenas linhas de água (distâncias inferiores a 100m). Este *Cluster* é ainda caracterizado por curtas distâncias percorridas (em média 331m), deslocações essas que não ocorrem ao longo de trilhos, uma vez que esses encontram-se afastados. À semelhança do ocorrido com o *Cluster* mais representativo para o período diurno, também existe uma preferência por pastagens durante a noite, com 33% das ocorrências a acontecerem em zonas de afloramentos rochosos (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

O *Cluster 2* que representa apenas 1% das localizações obtidas para o lobo #4363. As suas localizações encontram-se em zonas pouco declivosas com altitudes médias de 585 metros. Este *Cluster* destaca-se pela maior proximidade a estradas asfaltadas e ao tecido urbano, comparativamente com os restantes *Clusters*. As localizações do lobo #4363 que se encontram neste *Cluster* ocorrem afastadas de pequenas linhas de água (rios de ordem 3) e

no interior de uma área tampão de 50m de rios de ordem 1 e 2, sendo este resultado significativamente diferente para os restantes *Clusters*.

As deslocações de, em média, 1289m ocorrem nas proximidades de trilhos e acontecem exclusivamente em áreas de pasto (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

O *Cluster 3*, com representatividade muito baixa (2%), engloba as localizações cujas características das variáveis dependentes são semelhantes às do *Cluster 2*, exceptuando a variável “distância percorrida” que, neste caso apresenta distâncias percorridas significativamente superiores às dos restantes *Clusters*. Quanto à variável “uso do solo”, são utilizadas igualmente zonas de pasto e de afloramentos rochosos (representando um total de 80%) e 20% das localizações ocorreram em áreas florestadas (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

O *Cluster 4* revela que 21% das localizações do lobo #4363 ocorrem em encostas declivosas, a elevadas altitudes e significativamente mais afastadas de estradas asfaltadas do que as ocorrências dos restantes *Clusters*. As localizações contidas neste *Cluster* ocorrem a uma distância média de 208m de rios de ordem 1 e 2 e nas proximidades de pequenas linhas de água. Este *Cluster* respeita a deslocações de, em média, 1.6km, que não ocorrem em trilhos, e ocorrem nas proximidades de rios. Verifica-se também uma preferência por pastagens e floresta (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

O *Cluster 5* agrupa as localizações registadas em encostas declivosas e a altitudes médias de 755m. Este *Cluster* inclui as localizações mais próximas de povoações comparativamente com os restantes *Clusters* e que ocorrem dentro de uma área tampão de 50m de pequenas linhas de água, sendo essa distância aos rios de ordem 3 significativamente inferior aos restantes *Clusters*. Este *Cluster* apresenta ainda as menores distâncias percorridas pelo lobo, comparativamente com os restantes *Clusters*. Todas as localizações incluídas neste *Cluster* encontram-se em zonas de pastagens (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

O *Cluster 6*, que representa 7% das localizações do lobo #4363, inclui as localizações que se encontram nas zonas mais baixas da serra (em média 619m de altitude) com declives médios de 18°. A distância às estradas asfaltadas e ao tecido urbano é elevada. A amostra de localizações contida neste *Cluster* encontra-se a uma distância média de 287m de rios de ordem 1 e 2 e muito próximo de pequenas linhas de água (a uma distância média de 82m). As distâncias percorridas são, em média, de 575m e não ocorrem em trilhos. Este *Cluster*

destaca-se ainda pela selecção preferencial de áreas florestadas (67%) seguida de zonas de pastagens (33%) (Figura 28; Figura 29; Anexo 3; Tabela 3.2).

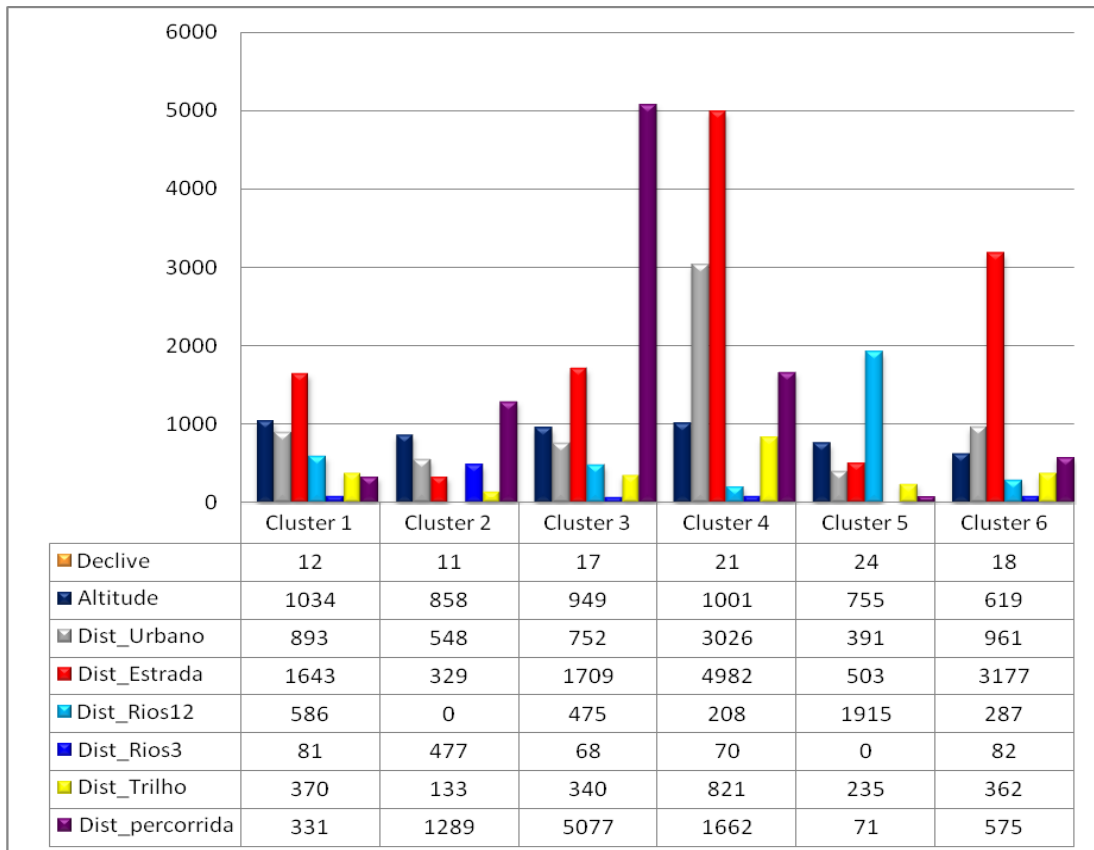


Figura 28: Média das variáveis (em metros) para cada *Cluster* do lobo #4363 durante o período nocturno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

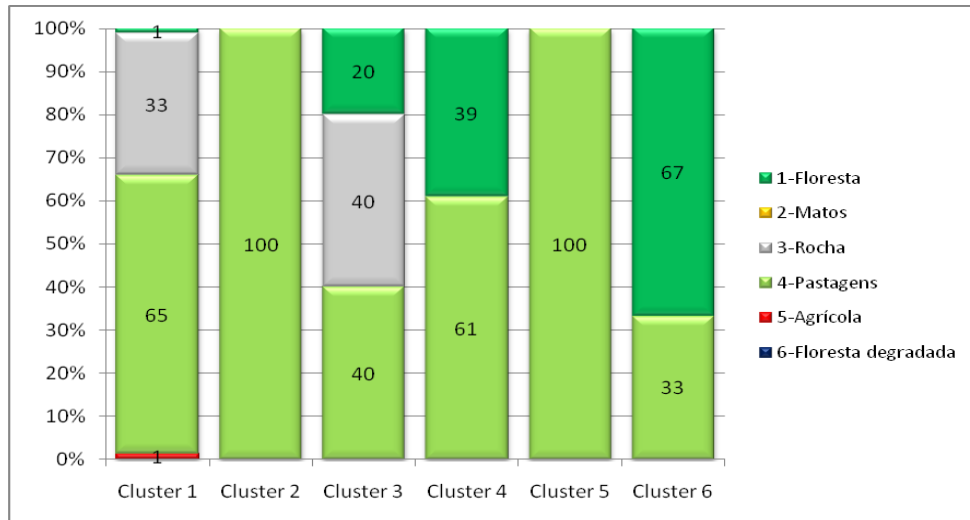


Figura 29: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4363 durante o período noturno.

Resumindo, durante o período noturno, o lobo #4363 selecciona preferencialmente zonas caracterizadas por baixos declives e de elevada altitude e pela presença de pequenas linhas de água. São preferíveis zonas afastadas de factores de perturbação humana. Este lobo efectua maioritariamente deslocações curtas para cada período de duas horas.

Sempre que as distâncias percorridas são elevadas, ou seja, sempre que a distância percorrida pelo lobo marcado a cada duas horas é elevada, esses movimentos acontecem nas proximidades de pequenas linhas de água, afastados de factores de perturbação humana. Estes movimentos podem ocorrer em zonas de pastos, de afloramentos rochosos e em zonas florestadas.

A ocorrência de deslocações nas proximidades de povoações e de estradas asfaltadas verifica-se sempre em pequenas linhas de água ou em rios.

5.3.2.2. LOBO #4364

▪ PERÍODO DIURNO

A matriz de U resultante do treino do SOM para o período diurno do lobo #4364 e o respectivo agrupamento dos neurónios em quatro *Clusters* encontra-se na figura 2.3 do anexo 2. Na mesma figura encontra-se ainda o plano da variável “Distância às estradas asfaltadas”. O erro de quantização obtido no treino do SOM foi de 1.11.

O *Cluster 1* engloba grande parte das localizações do lobo #4364 durante o período diurno, o que significa que 85% das localizações deste lobo apresentam características semelhantes para as variáveis em análise. Seguem-se os *Clusters 4* e *2* com representatividades de 8% e 5% respectivamente. Por último, o *Cluster 3* composto por uma amostra residual de 2% (Figura 30).

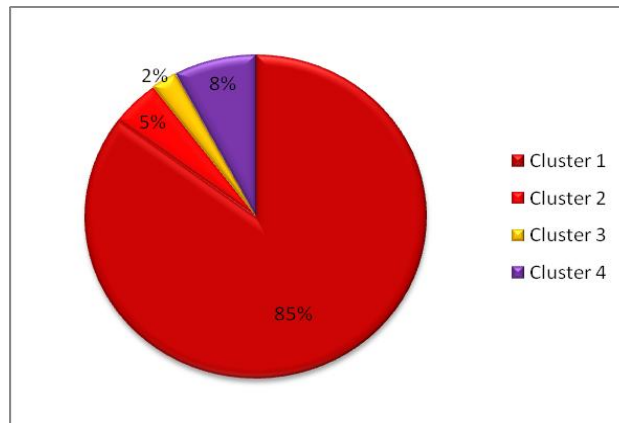


Figura 30: Número de registos por *Cluster* do lobo #4364 durante o período diurno.

As localizações do lobo #4364 contidas no *Cluster 1* caracterizam-se por ocorrerem em zonas pouco declivosas, a altitudes médias de 992m, afastadas de povoações, de estradas e de rios de ordem 1 e 2. Verifica-se também uma selecção preferencial por locais muito próximos de pequenas linhas de água. Este *Cluster* é caracterizado pelas menores distâncias percorridas (em média 183m), comparativamente com os restantes *Clusters*, deslocações essas que não acontecem ao longo de trilhos, uma vez que estes se encontram a uma distância média de 601m das localizações do lobo marcado. Durante o período diurno, o lobo #4364 encontra-se preferencialmente em zonas de pastagens e florestais (Figura 31; Figura 32; Anexo 3; Tabela 3.3).

O *Cluster 2* caracteriza-se pelos declives e altitudes mais elevados quando comparado com os restantes *Clusters*. As localizações contidas neste *Cluster* ocorreram em locais afastados de povoações, de estradas asfaltadas, de rios e de trilhos. Este *Cluster* destaca-se pelas mais elevadas distâncias percorridas pelo lobo #4364 durante o período diurno (distâncias médias de 1723m). Estas deslocações ocorreram sobretudo em pastagens (76%) mas também em zonas florestadas (24%) (Figura 31; Figura 32; Anexo 3; Tabela 3.3).

As características da amostra contida no *Cluster 3* distinguem-se do *Cluster 2* pelos mais baixos declives e altitudes, por se encontrarem nas proximidades de pequenas linhas de água e de trilhos, sendo estas diferenças entre os dois *Clusters* estatisticamente significativas. À semelhança do *Cluster 2*, o *Cluster 3* representa as deslocações efectuadas pelo lobo #4364 durante o dia, superiores a uma média de 1km. Estas deslocações ocorrem preferencialmente em pastos e floresta, acontecendo também uma percentagem reduzida de deslocações em zonas de mato e agrícolas (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.3).

O *Cluster 4* apresenta declives médios de 18º e altitudes elevadas. As localizações presentes neste *Cluster* destacam-se por serem as mais afastadas de factores de perturbação humana como povoações e estradas asfaltadas. Por outro lado, não existe uma grande proximidade a rios de ordem 1 e 2 ao contrário de pequenas linhas de água, cuja proximidade é de 75m em média. As distâncias percorridas a cada duas horas são curtas e não ocorrem em trilhos. Tal como nos restantes *Clusters* verifica-se uma preferência por zonas de pastagens e florestadas por parte do lobo #4364, durante o período diurno (Figura 31; Figura 32; Anexo 3; Tabela 3.3).

Em suma, o lobo #4364 selecciona preferencialmente zonas de pastagens e florestadas, próximo de pequenas linhas de água e sempre afastadas de factores de perturbação humana durante o período diurno. Sempre que existem deslocações mais acentuadas, estas ocorrem em locais muito afastados de estradas asfaltadas e de povoações, a declives e altitudes variáveis, sempre longe de rios de ordem 1 e 2 e por vezes nas proximidades de pequenas linhas de água. Essas deslocações não acontecem através de trilhos.

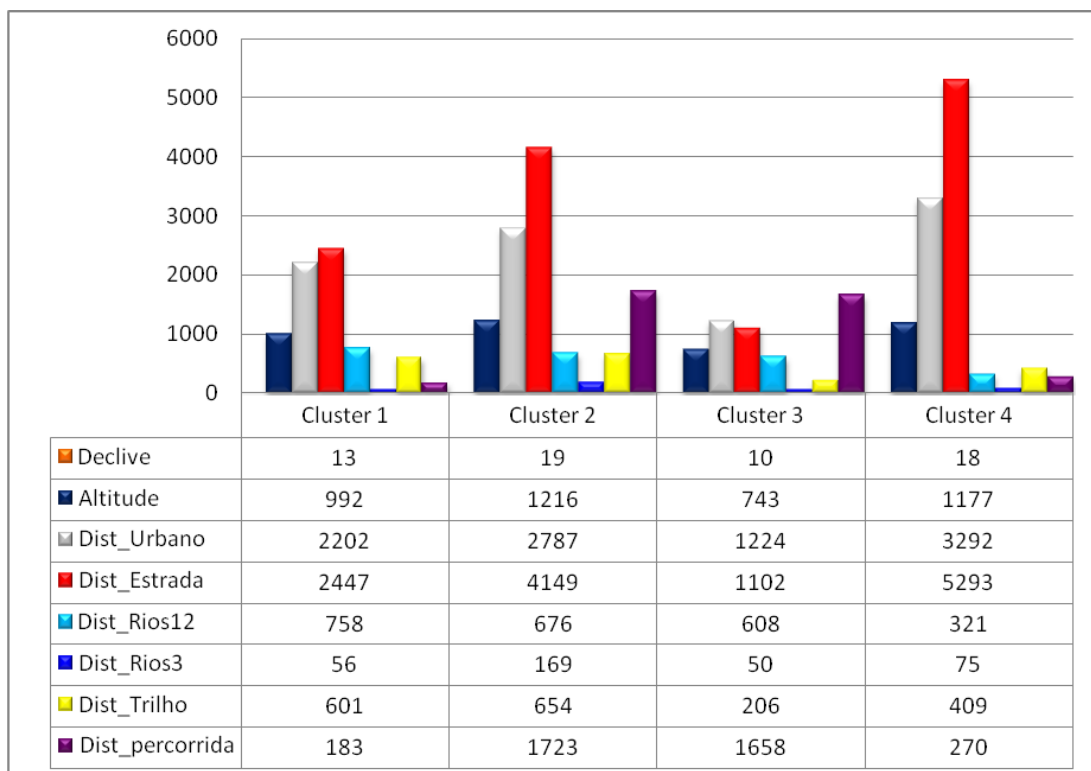


Figura 31: Média das variáveis (em metros) para cada *Cluster* do lobo #4364 durante o período diurno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

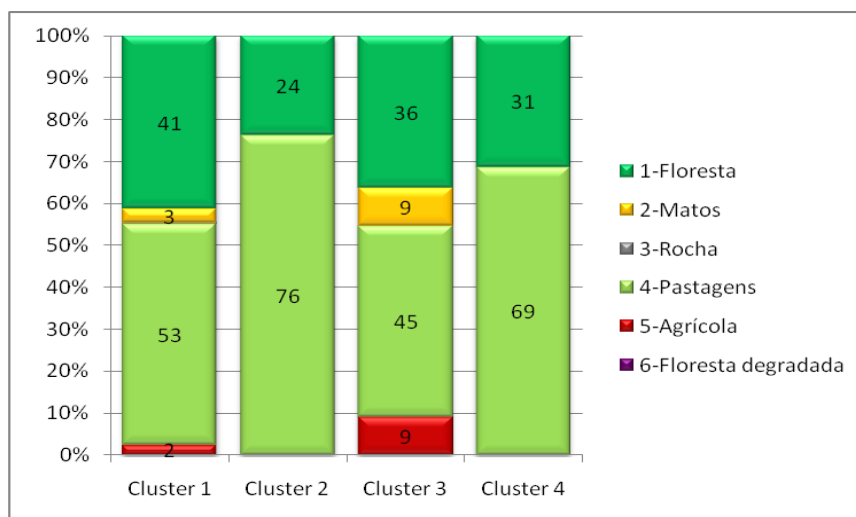


Figura 32: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4364 durante o período diurno.

▪ PERÍODO NOCTURNO

A matriz de U resultante do treino do SOM para o período noturno do lobo #4364, bem como o exemplo de plano de uma variável – “distância às estradas asfaltadas”, encontram-se na figura 2.4 do anexo 2. O erro de quantização obtido do treino do SOM foi de 1.04. Como se pode verificar a matriz foi subdividida em 5 *Clusters*.

Analisando a representatividade em termos de tamanho amostral para cada *Cluster* constituído, verifica-se que grande parte dos dados são agrupados nos *Clusters* 1 e 5, representando 79% da amostra global. O *Cluster* 2 representa 14% das localizações do lobo #4364, enquanto que os *Clusters* 3 e 4 englobam uma percentagem residual de dados (Figura 33).

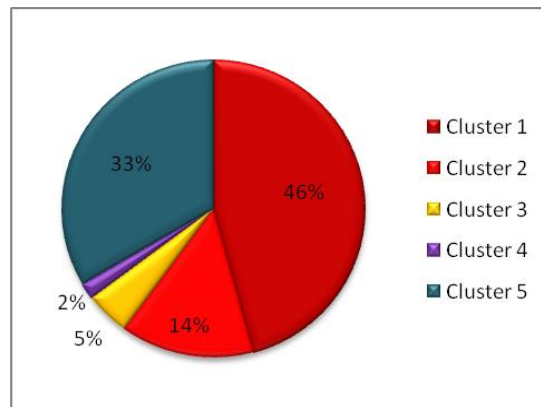


Figura 33: Número de registos por *Cluster* para o lobo #4364 durante o período noturno.

Durante o período noturno, o lobo #4364 selecciona preferencialmente zonas de baixo declive (11º em média) e com altitudes significativamente superiores às que ocorrem nos restantes *Clusters*. Também o afastamento de povoações e de estradas asfaltadas é elevado e significativamente superior aos restantes *Clusters*. Verifica-se uma selecção preferencial por zonas próximas de pequenas linhas de água, ao contrário do que acontece para os rios de ordem 1 e 2, que se encontram a uma distância média superior a 0.5km. A amostra do *Cluster* 1 respeita a curtas deslocações por períodos de 2 horas, não ocorrendo esses movimentos através de trilhos, já que estes se encontram a uma distância média superior a 0.5km. O lobo # 4364 tem uma utilização preferencial de zonas de pastagens e florestadas (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.4).

O comportamento das variáveis para a amostra contida no *Cluster 2* é semelhante ao *Cluster 1*, destacando-se um declive significativamente inferior ao declive do *Cluster 1*. A distância a factores de perturbação humana é, neste *Cluster*, atenuada, apesar de se manter elevada. Por outro lado, a distância aos rios acentua-se apesar de se manter alguma proximidade a pequenas linhas de água. As distâncias percorridas são semelhantes às do *Cluster 1*, não se efectuando essas movimentações por trilhos. Apesar de o padrão entre os *Clusters 1* e *2* ser semelhante, as diferenças de valores para todas as variáveis justifica e confirma a sua diferenciação em *Clusters* distintos. Neste *Cluster* existe uma preferência por pastagens (86%) com uma selecção de zonas florestadas em 14% das localizações (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.4).

O *Cluster 3* destaca-se do *Cluster 2* pelo declive mais acentuado e altitudes mais baixas. Quanto às restantes variáveis, apresentam um padrão semelhante ao da amostra do *Cluster 2* atenuando-se todas as variáveis quantificadas pela distância, à excepção da distância a pequenas linhas de água que sofre um incremento neste *Cluster*. Apesar do padrão semelhante ao *Cluster 2*, as diferenças existentes entre ambos são estatisticamente significativas, justificando a sua separação em *Clusters* distintos. Neste *Cluster* existe uma selecção exclusiva por zonas de pasto (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.4).

O *Cluster 4* agrupa uma amostra com características de declive médio de 12º, altitudes de 811m e distâncias a estradas asfaltadas, povoações, rios e trilhos acentuados. Este *Cluster* destaca-se dos restantes por incluir as mais longas deslocações nocturnas do lobo #4364 (superiores a 3km a cada duas horas). Estas deslocações ocorrem preferencialmente em zonas de pastagens e florestais (56% e 33% respectivamente), mas também em afloramentos rochosos (11%) (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.4).

O *Cluster 5* representa 33% das localizações nocturnas do lobo #4364 e é caracterizado por declives médios de 11º e pelas mais baixas altitudes comparativamente com os restantes *Clusters*. À semelhança dos restantes *Clusters*, também este se encontra afastado de factores de perturbação humana, com distâncias médias superiores a 1km. Os registos de localizações contidos neste *Cluster* encontram-se significativamente mais próximos de pequenas linhas de água, comparativamente com os restantes *Clusters*, com uma distância a rios de ordem 1 e 2 superior a 0.5km. As curtas deslocações que ocorrem neste *Cluster* acontecem nas proximidades de trilhos e preferencialmente em zonas florestadas (59% das

localizações) e em pastagens (32%). Também existe algum uso de matos e zonas agrícolas, representando no total 9% (Figura 34; Figura 35; Anexo 3; Tabela 3.4).

Resumindo, o lobo #4364 utiliza preferencialmente zonas não muito declivosas, afastadas de factores de perturbação humana, como estradas asfaltadas e povoações. Selecciona locais próximos de pequenas linhas de água e usa preferencialmente áreas de pasto e floresta. Sempre que efectua deslocações mais longas, estas ocorrem fora dos trilhos e também em zonas de afloramentos rochosos.

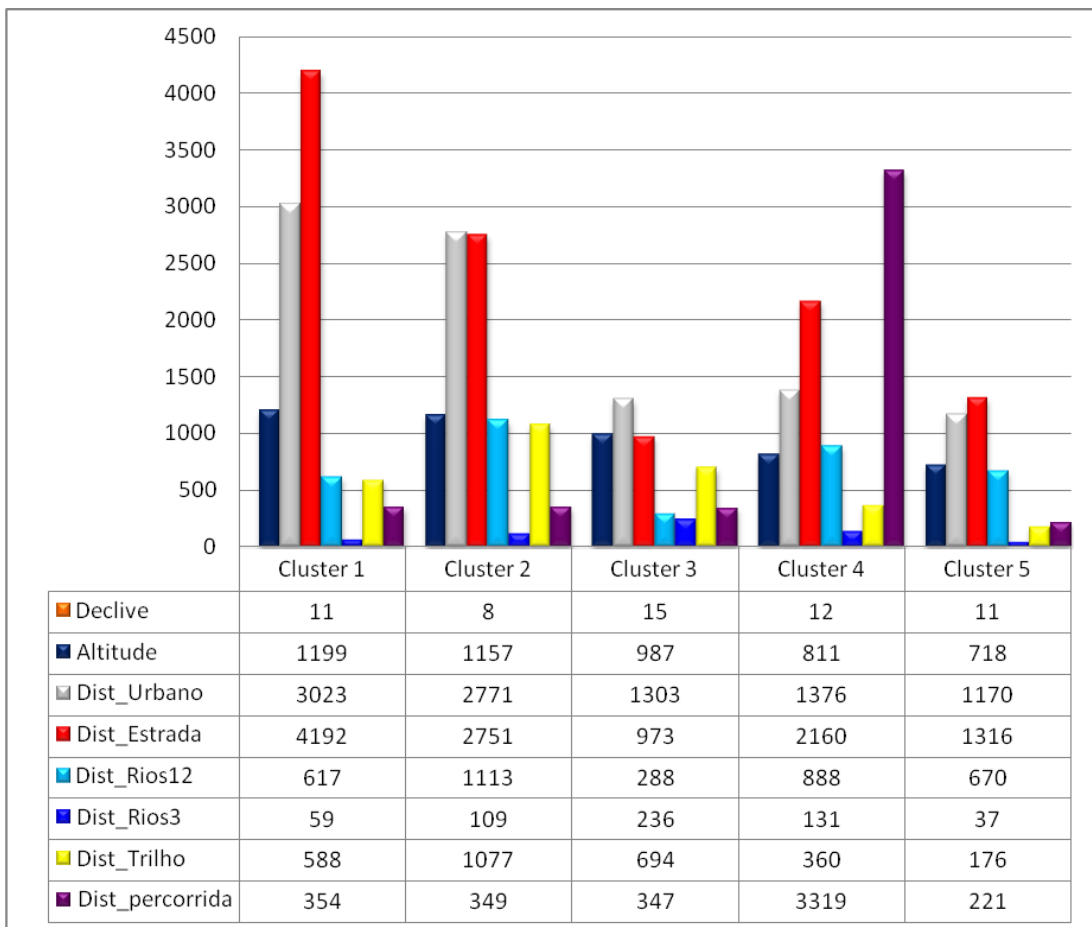


Figura 34: Média das variáveis para cada *Cluster* do lobo #4364 durante o período nocturno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

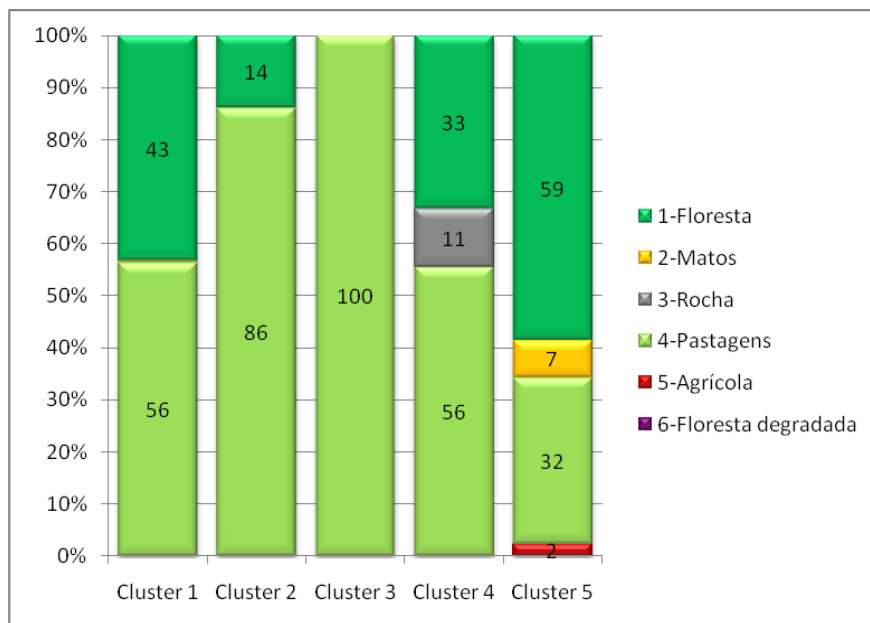


Figura 35: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4364 durante o período noturno.

5.3.2.3. LOBO #4363-B

▪ PERÍODO DIURNO

Na figura 2.5 do anexo 2 encontra-se a matriz de U resultante do treino do SOM para o período diurno do lobo #4363-B com o respectivo agrupamento em 4 *Clusters*. O erro de quantização para a matriz de U obtida foi de 1.15. Encontra-se ainda o exemplo do plano da variável “distância às estradas asfaltadas”.

Como se pode verificar pela análise da figura 36, o *Cluster* 1 inclui grande parte das localizações do lobo marcado (92%), distribuindo-se os restantes 8% pelos *Clusters* 4, 2 e 1, por ordem decrescente de representatividade.

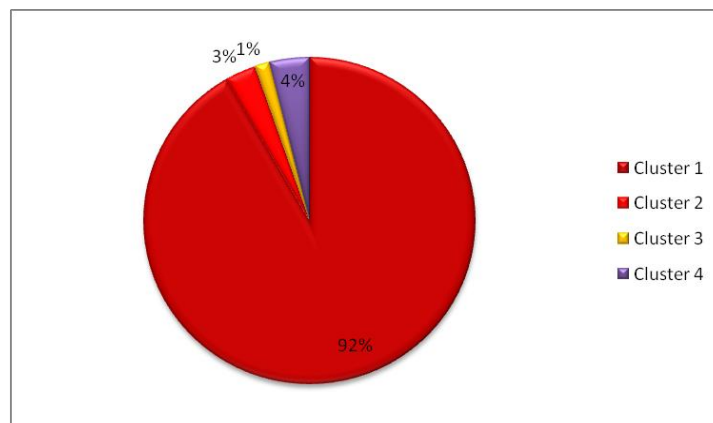


Figura 36: Número de registos por *Cluster* para o lobo #4363-B durante o período diurno.

Durante o período diurno o lobo #4363-B encontra-se maioritariamente em zonas declivosas (18º em média) e em altitudes elevadas. Quanto à proximidade a factores de perturbação humana, como as povoações e estradas asfaltadas, o lobo selecciona preferencialmente locais afastados desses factores. Este lobo encontra-se maioritariamente próximo de pequenas linhas de água e afastado de rios de ordem 1 e 2. As distâncias médias percorridas são muito reduzidas e não acontecem por trilhos uma vez que estes se encontram a uma distância média de 281m. Este *Cluster*, que inclui a esmagadora maioria dos pontos do lobo #4363-B e apresenta as menores distâncias percorridas comparativamente com os restantes *Clusters*. Dentro do *Cluster 2*, 54% das localizações do lobo foram obtidas em zonas de pastos e 37% em floresta, com percentagens residuais de localizações em matos, afloramentos rochosos e terreno de uso agrícola (Figura 37; Figura 38; Anexo 3; Tabela 3.5).

O *Cluster 2* revela as maiores deslocações realizadas pelo lobo #4363-B durante o dia que ocorrem em declives médios de 14º, a altitudes elevadas, afastado do tecido urbano e de estradas e muito próximo de pequenas linhas de água. Essas deslocações, apesar de curtas, são significativamente superiores às que ocorrem nos restantes *Clusters* e não parecem ocorrer por trilhos. Neste *Cluster* verifica-se uma selecção preferencial por zonas de pasto e floresta (Figura 37; Figura 38; Anexo 3; Tabela 3.5).

O *Cluster 3*, caracterizado por pequenas movimentações do lobo marcado, destaca-se dos restantes pelo mais acentuado declive médio e pela maior proximidade a rios de ordem 1 e 2 (significativamente inferior aos restantes *Clusters*). Tal como os *Clusters 1* e *2*, também este *Cluster* inclui localizações afastadas dos factores de perturbação humana e próximas

de pequenas linhas de água. Quanto à variável “uso do solo” este *Cluster* apresenta diferenças consideráveis em relação aos restantes, verificando-se uma selecção de zonas de afloramentos rochosos (54%), seguida de zonas florestais (29%), floresta degradada (14%) e com apenas 4% das localizações obtidas em pastos (Figura 37; Figura 38; Anexo 3; Tabela 3.5).

O *Cluster* 4 representa as localizações obtidas em zonas pouco declivosas, a baixas altitudes, afastadas de estradas, povoações e rios de ordem 1 e 2. Por outro lado, as localizações deste *Cluster* acontecem significativamente mais próximo de pequenas linhas de água comparativamente com os restantes *Clusters*. Também a distância média a trilhos é a mais baixa, revelando que as pequenas deslocações que ocorrem nas características que definem este *Cluster*, ocorrem em trilhos ou nas suas proximidades. Neste *Cluster* existe uma selecção preferencial por zonas florestadas (73%) seguida de pastagens (15%) e com utilização residual de matos e de áreas agrícolas por parte do lobo marcado (Figura 37; Figura 38; Anexo 3; Tabela 3.5).

Concluindo, o lobo #4363-B efectua muito poucas e reduzidas deslocações durante o período diurno, evitando a proximidade a povoações e a estradas asfaltadas. Selecciona preferencialmente locais próximos de pequenas linhas de água como refúgio diurno. Quando ocorrem deslocações mais longas, estas acontecem nos locais mais afastados de estradas asfaltadas e também afastados de povoações, em altitudes elevadas e zonas declivosas.

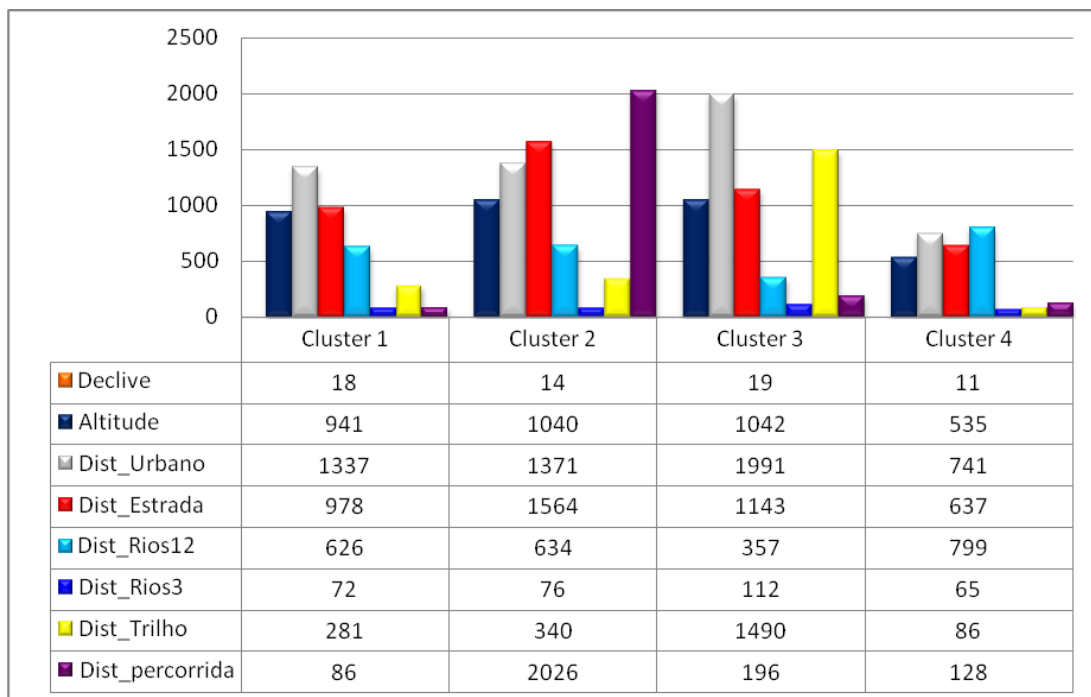


Figura 37: Média das variáveis para cada *Cluster* do lobo #4363-B durante o período diurno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

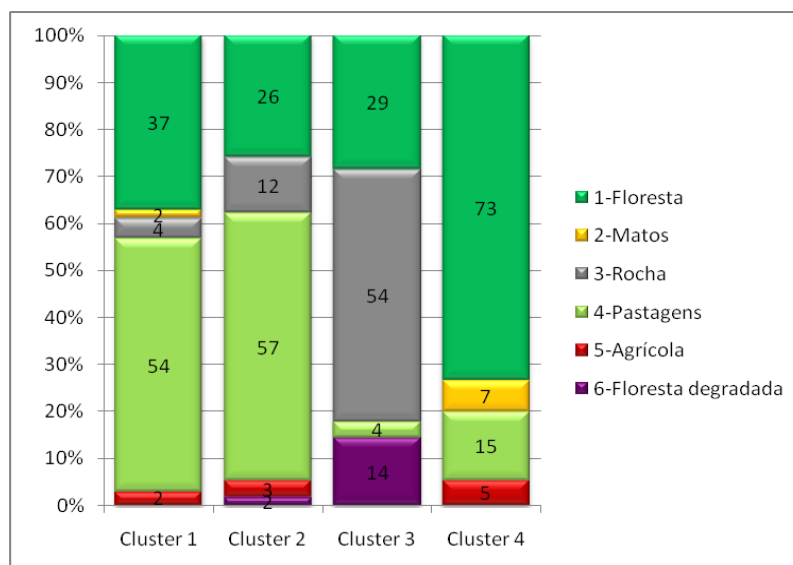


Figura 38: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4363-B durante o período diurno.

▪ PERÍODO NOCTURNO

A matriz de U resultante do treino do SOM para o período nocturno do lobo #4363-B e o respectivo agrupamento dos neurónios em quatro *Clusters* encontra-se na figura 2.6 do anexo 2. Na mesma figura encontra-se ainda o plano da variável “Distância às estradas asfaltadas”. O erro de quantização obtido do treino do SOM foi de 1.52.

A figura 39 representa a percentagem de localizações do lobo #4363-B em cada *Cluster*; destaca-se o *Cluster 1* por possuir as características inerentes à esmagadora maioria das localizações obtidas para este lobo possui (representatividade de 87%). O conjunto dos restantes *Clusters* representa apenas um total de 13% da amostra obtida.

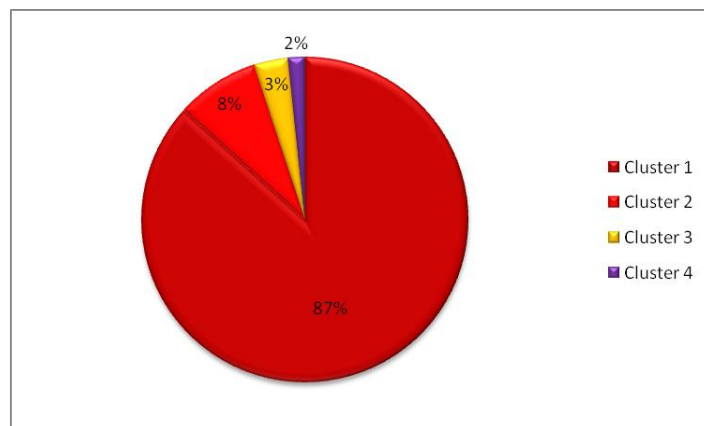


Figura 39: Número de registos por *Cluster* para o lobo #4363-B durante o período nocturno.

O *Cluster 1* agrupa as localizações do lobo #4363-B durante a noite pela seguinte caracterização dos locais seleccionados: declive médio de 14º, elevadas altitudes, afastados de estradas asfaltadas (distância média de 855m) e de povoações (distâncias médias superiores a 1km). A proximidade a pequenas linhas de água parece ser um factor limitante para este lobo, ao contrário de rios de ordem 1 e 2 que se encontram afastados dos locais por ele seleccionados. Neste *Cluster* encontram-se deslocações longas (superiores a 1km) que parecem ocorrer através de trilhos ou nas suas proximidades. Quanto ao biótopo preferencial para este lobo, selecciona preferencialmente zonas de pastagens e florestadas, com alguma utilização residual de áreas agrícolas, afloramentos rochosos e matos, por ordem decrescente de importância (Figura 40; Figura 41; Anexo 3; Tabela 3.6).

O *Cluster 2* revela o uso de zonas com declives médios de 18º, altitudes de 802m e significativamente mais afastadas de povoações quando comparado com os restantes *Clusters*. Apesar de os locais deste *Cluster* se encontrarem afastados de estradas asfaltadas, estes encontram-se significativamente mais próximos dessas estradas, quando comparado com os restantes *Clusters*. Novamente existe uma preferência pela proximidade a pequenas linhas de água que não é evidente na distância aos rios de ordem 1 e 2. Este *Cluster* representa períodos de curtas distâncias percorridas em cada período de duas horas pelo lobo #4363-B, durante a noite (em média 247m). Neste *Cluster*, verifica-se uma preferência clara por zonas de pastagens (88%) com alguma utilização (12%) de zonas florestadas (Figura 40; Figura 41; Anexo 3; Tabela 3.6).

O *Cluster 3* apresenta os mais elevados declives médios (21º), com altitudes elevadas, acentuado afastamento de estradas e de povoações. Verifica-se uma selecção de locais próximos de rios de ordem 3 e mais afastados de rios de ordem 1 e 2. Neste *Cluster* não ocorrem grandes deslocações por parte do lobo marcado e essas pequenas deslocações não se fazem por trilhos. Este *Cluster* é ainda caracterizado por uma selecção de afloramentos rochosos (48%), seguida de zonas de pasto (19%) Também em algumas circunstâncias são utilizadas zonas florestais, de matos, de floresta degradada e de áreas agrícolas (Figura 40; Figura 41; Anexo 3; Tabela 3.6).

O *Cluster 4* revela as características dos locais seleccionados pelo lobo marcado quando são realizadas as maiores deslocações em cada período de duas horas (em média 2575m). Estas deslocações ocorrem nas zonas significativamente menos declivosas e a altitudes significativamente superiores, quando comparadas com os restantes *Clusters*. A elevada distância a estradas e povoações é também uma característica deste *Cluster*. À semelhança dos restantes *Clusters*, mantém-se uma proximidade a pequenas linhas de água e um maior afastamento a rios de ordem 1 e 2. As deslocações ocorridas neste *Cluster* acontecem a uma distância média de 454m e maioritariamente ao longo de locais de pasto (87% das localizações) (Figura 40; Figura 41; Anexo 3; Tabela 3.6).

Em suma, durante o período nocturno, o lobo #4363-B efectua deslocações longas em cada período de duas horas que acontecem preferencialmente nas proximidades de trilhos, a altitudes elevadas, e por zonas não muito declivosas. A preferência por locais próximos de pequenas linhas de água é comum a todas as localizações deste lobo. Zonas de pastagens e florestais são preferenciais para este lobo. A pequena amostra de localizações relativas a

pequenas deslocações efectuadas, que poderão ser consideradas como locais de repouso nocturno, revela que os locais para esse efeito são mais declivosos, mantendo-se uma preferência por locais próximos de pequenos rios de ordem 3. Nesta amostra, verifica-se uma preferência por zonas de pastos e de afloramentos rochosos (88% de utilização no *Cluster 2* e 48% de utilização no *Cluster 3*).

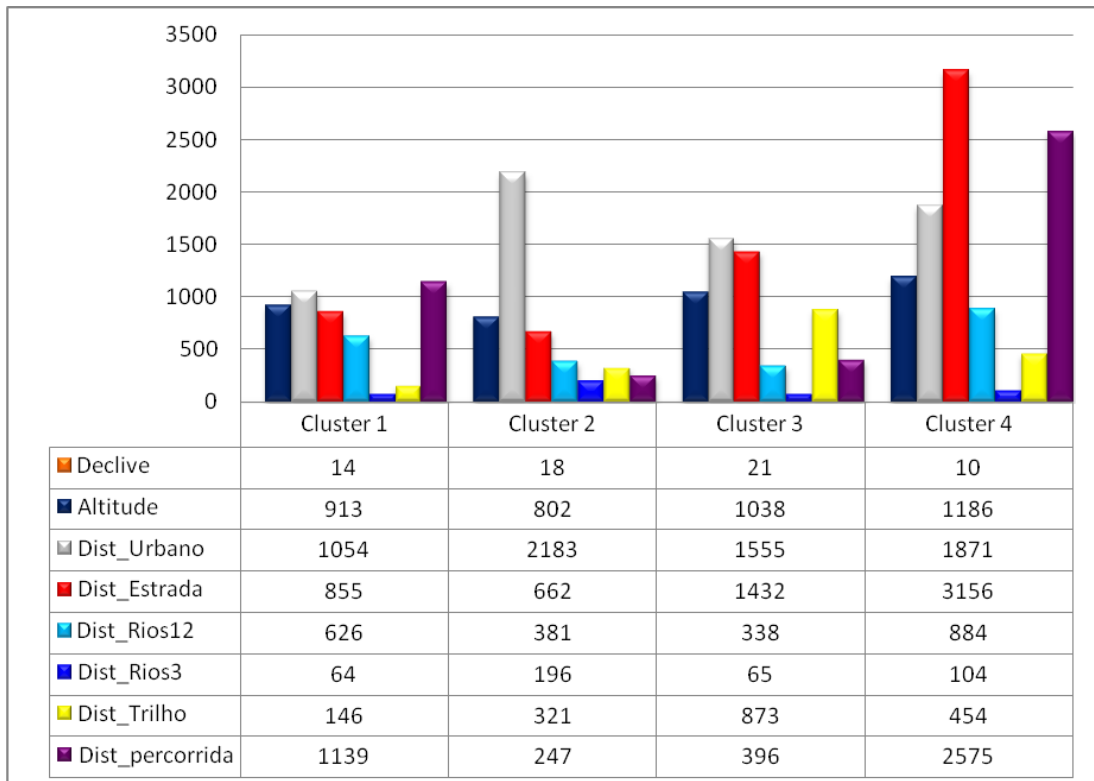


Figura 40: Média das variáveis para cada *Cluster* do lobo #4363-B durante o período nocturno (Dist=Distância; Rios12= Rios de ordem 1 e 2; Rios3=Rios de ordem 3).

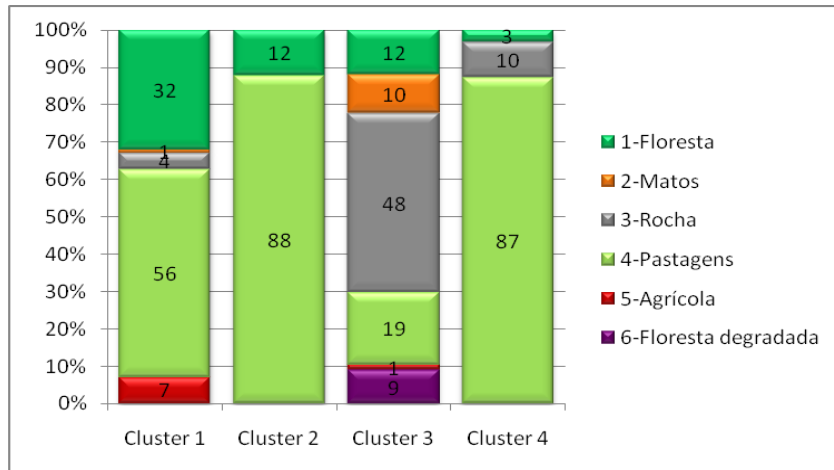


Figura 41: Quantificação das classes de uso do solo por *Cluster* do lobo #4363-B durante o período noturno.

5.3.3. ANÁLISE COMPARATIVA

A aplicação de uma ANOVA e do teste de Tukey às amostras obtidas permitiu verificar as diferenças entre a selecção do *habitat* pelos três lobos marcados. De seguida apresenta-se uma breve análise desses resultados.

▪ PERÍODO DIURNO

Durante o período diurno verifica-se que o lobo #4363-B utiliza zonas com altitudes significativamente inferiores e declives superiores do que os lobos #4363 e 4364. De facto, as áreas vitais dos lobos #4363 e 4364 encontram-se nas zonas de maiores altitudes da serra. Nesses casos, e dada a salvaguarda de se encontrarem em zonas mais inóspitas, a selecção de zonas declivosas poderá não ser um factor limitante, ao contrário do que acontece para o lobo #4363-B (RIO-MAIOR *et al.* 2008; RIO-MAIOR *et al.* 2009). O lobo #4364 selecciona locais significativamente mais afastados de factores de perturbação humana como sejam as estradas asfaltadas e as povoações. Este comportamento poderá estar relacionado com o facto de este ser um lobo jovem e que auxiliou na manutenção das crias da sua alcateia enquanto esteve marcado, não se afastando demasiado do local de reprodução, tal como as crias. Também se verifica uma selecção preferencial por zonas muito próximas de pequenas linhas de água (proximidade significativamente superior quando comparada com os restantes lobos) e por zonas afastadas de rios com caudal superior e de trilhos. O lobo #4363, uma fêmea adulta e possivelmente periférica, ou seja, que não acompanha com o núcleo da alcateia a que pertence, apresentou as maiores distâncias percorridas durante a noite, seguindo-se o lobo #4364 e, por último, o lobo

#4363-B que apresenta distâncias percorridas muito reduzidas. Estas diferenças poderão estar relacionadas com o estatuto social destes animais e com as características das suas áreas vitais. Os lobos #4363 e #4364 possuem áreas vitais em zonas mais inóspitas da serra pelo que o risco que correm ao deslocarem-se durante o dia é inferior ao risco a que fica exposto o lobo #4363-B cuja área vital se encontra numa zona mais humanizada. Por outro lado, as maiores distâncias percorridas pelo lobo #4363 poderão ser uma estratégia social que permite evitar os restantes membros da sua alcateia (já que este lobo é periférico) evitando a competição intraespecífica (Anexo 4; Tabela 4.1; Anexo 5; Figura 5.1).

▪ PERÍODO NOCTURNO

Durante o período nocturno, e à semelhança do ocorrido durante o dia, também o lobo #4363-B se encontra a altitudes significativamente superiores e declives inferiores do que os restantes lobos. O lobo #4364 selecciona zonas significativamente mais afastadas de factores de perturbação humana. O lobo #4364 aproxima-se mais das povoações e de estradas asfaltadas do que o lobo #4363. O lobo #4364 encontra-se preferencialmente mais afastado de rios de ordem 1 e 2 do que os restantes lobos. Quanto às pequenas linhas de água, não existem diferenças estatisticamente significativas entre os três lobos, sendo sempre a proximidade a essas linhas de água determinante. Em oposição ao ocorrido durante o período diurno, o lobo #4363-B efectua as deslocações mais longas durante a noite (significativamente superiores aos restantes lobos), não existindo diferenças significativas nas distâncias percorridas entre os lobos #4363 e #4364. Esta diferença para o lobo #4363-B poderá ser explicada pela quase inexistência de deslocações suas durante o dia e pelo facto de ser a fêmea reprodutora da sua alcateia, com as implicações sociais que daí advém (RIO-MAIOR *et al.* 2008; RIO-MAIOR *et al.* 2009) (Anexo 4; Tabela 4.2; Anexo 5; Figura 5.2).

5.3.4. ANÁLISE ESPACIAL

A projecção dos registos relativos a cada *Cluster* permitem verificar a ocorrência dos *Clusters* a um nível espacial. Por outro lado, a análise dos centros de actividade diurnos e nocturnos dos lobos em análise bem como das suas áreas vitais permite verificar as relações entre os *Clusters* e essas zonas de maior actividade dos lobos. O método de

Kernel aplicado a cada amostra resultou em três polígonos distintos com 50%, 90% e 95% do total de localizações de cada amostra. Aos polígonos que contêm metade das localizações considera-se que estes representam os centros de actividades dos lobos.

5.3.4.1. LOBO #4363

▪ PERÍODO DIURNO

Verifica-se uma correlação espacial acentuada para cada *Cluster*. O centro de actividade principal do lobo #4363 apresenta características de *habitat* muito semelhantes entre si, já que a quase totalidade das localizações nele incluídas pertence ao *Cluster 2*. Características intrínsecas ao *Cluster 2* encontra-se na zona Oeste mais utilizada do seu território e também a Norte, numa incursão extra-territorial efectuada por este lobo. Destaca-se ainda uma amostra considerável de localizações espacialmente concentradas a Sudeste da sua área vital e que apresentam características distintas de todos os outros locais utilizados pelo lobo (Figura 48).

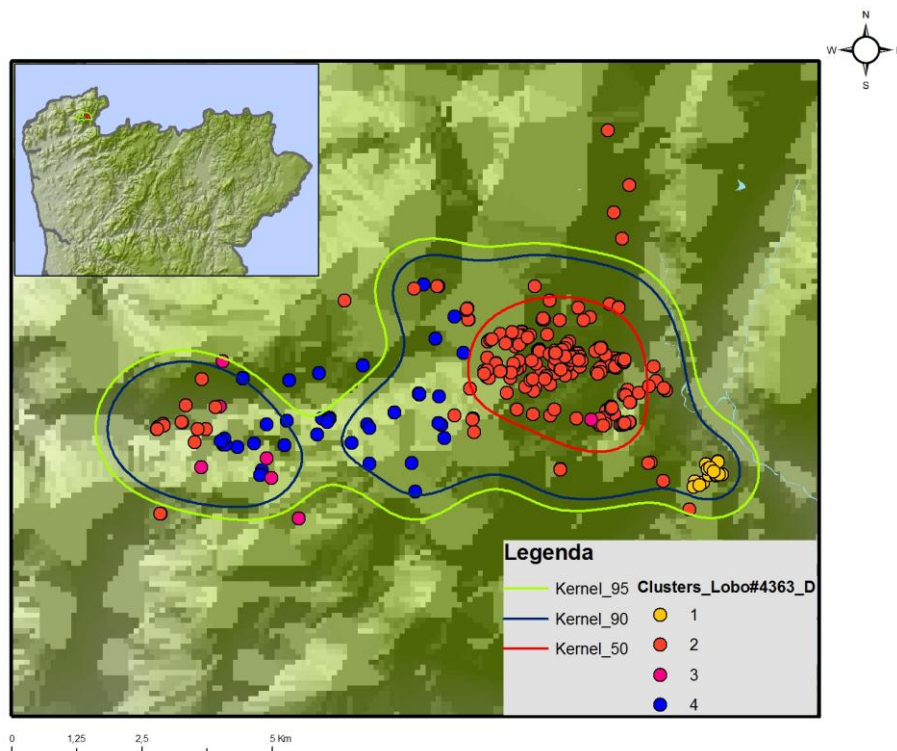


Figura 42: Georeferenciação dos registos do lobo #4363 por *Cluster*, durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

▪ PERÍODO NOCTURNO

Também durante o período noturno se verifica uma forte correlação espacial entre os seis *Clusters* obtidos para o lobo #4363 durante o período diurno. Verifica-se que as características do centro de actividade nocturno deste lobo são semelhantes entre si (*Cluster 1*) no que respeita a variáveis ambientais e também às distâncias percorridas pelo lobo nesse centro de actividade. Destacam-se ainda os *Clusters* 5 e 6 pelas características ocorrerem em locais muito confinados e em zonas bastante utilizadas pelo lobo (Figura 49).

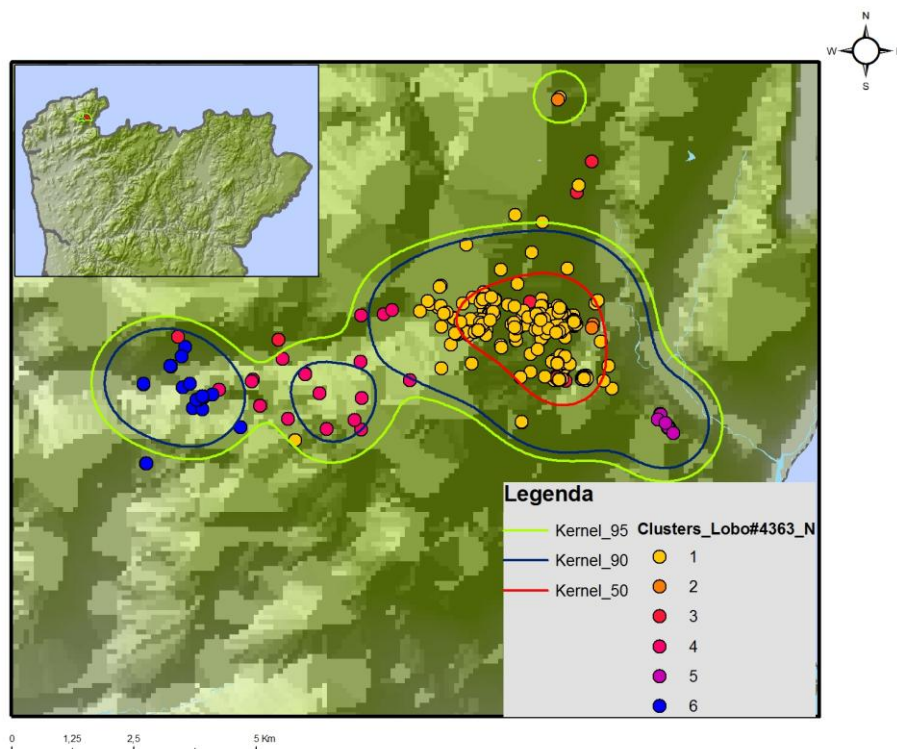


Figura 43: Georeferenciação dos registos do lobo #4363 por *Cluster*, durante o período noturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

5.3.4.2. LOBO #4364

▪ PERÍODO DIURNO

Os dois centros de actividade diurna do lobo #4364 apresentam características maioritariamente semelhantes entre si e equivalentes ao padrão do *Cluster 1*. No entanto, existem zonas no seu interior que representam as características dos *Clusters* 4 e 2. Grande parte da restante área vital do lobo apresenta as características do *Cluster 1*, havendo alguma representação dos restantes *Clusters* (Figura 50).

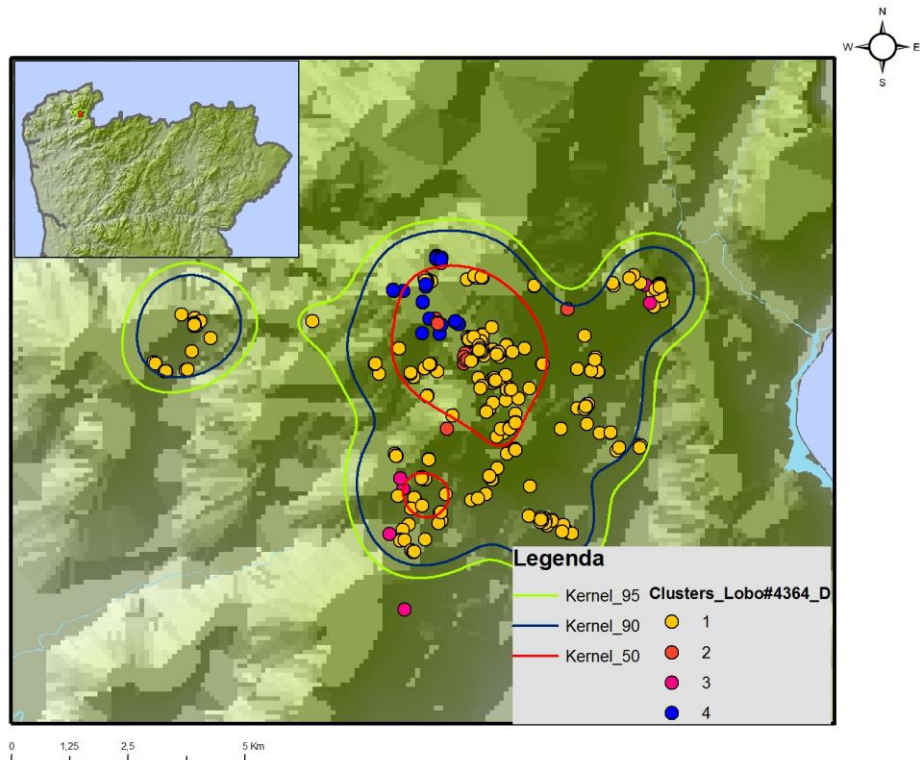


Figura 44: Georeferencição dos registos do lobo #4364 por *Cluster*, durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

▪ **PERÍODO NOCTURNO**

O lobo #4364 possui dois centros de actividade nocturnos. Um desses centros de actividade (localizado a Sudoeste da área vital) possui características exclusivas do *Cluster 5*; o maior centro de actividade, localizado no centro da área vital do lobo, possui, na sua metade Norte, características compatíveis com o *Cluster 1* e, na sua metade Sul, maioritariamente as características do *Cluster 2*. As características de *habitat* compatíveis com o *Cluster 5* encontram-se muito presentes em toda a área vital do lobo extrínseca ao seu mais vasto centro de actividade (Figura 51).

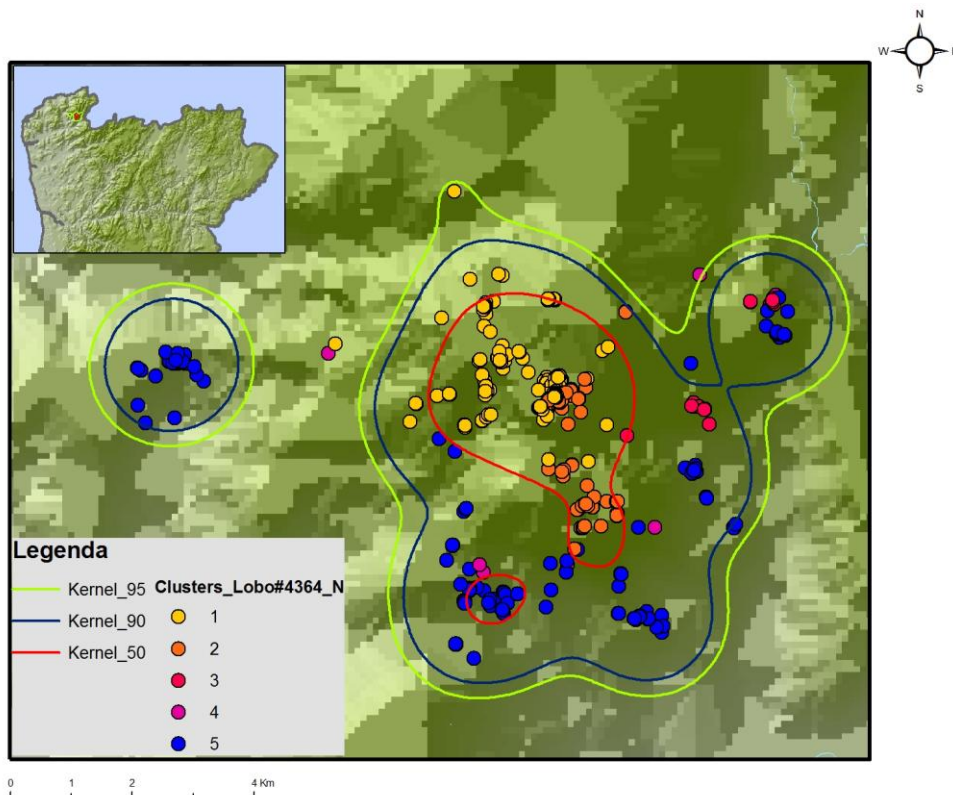


Figura 45: Georeferencição dos registos do lobo #4364 por *Cluster*, durante o período nocturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

5.3.4.3. LOBO #4363-B

▪ PERÍODO DIURNO

Os dois centros de actividade diurnos do lobo #4363-B são maioritariamente compatíveis com as características do *Cluster* 1. A zona Norte/Noroeste da área vital do lobo é dominada pelas características do *Cluster* 4 e corresponde a uma zona com um nível de humanização mais acentuado do que a restante área, com altitudes inferiores à restante área e com grande disponibilidade de trilhos. Verifica-se também que o maior afastamento dos seus centros de actividade ocorreu para Este da área vital, onde o lobo encontrou características de *habitat* semelhantes às que caracterizam os seus centros de actividade. A deslocação até essa zona fez-se em condições compatíveis com o *Cluster* 3 (e.g. declives elevados) (Figura 52).

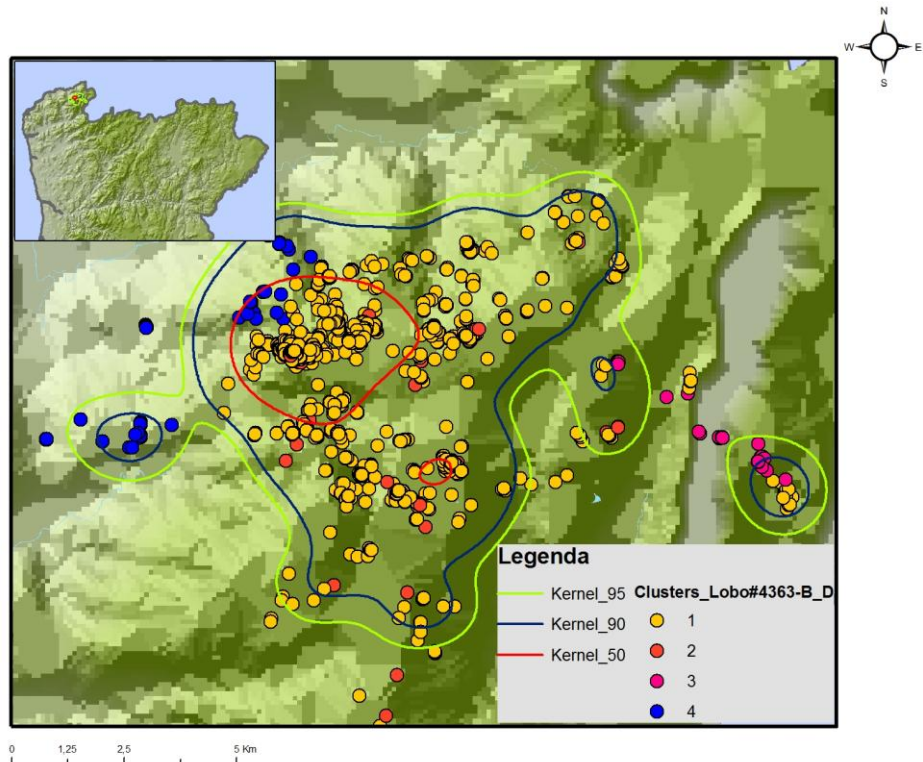


Figura 46: Georeferenciação dos registos do lobo #4363-B por *Cluster*, durante o período diurno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

▪ **PERÍODO NOCTURNO**

O lobo #4363-B possui o seu centro de actividade nocturno em locais com características do *habitat* compatíveis com o *Cluster* 1, caracterizado por grandes distâncias percorridas. Existe também no interior desse centro de actividade uma pequena área que serve de repouso nocturno ao lobo marcado – *Cluster* 2. O afastamento da área vital maioritariamente utilizada introduz características novas inerentes aos restantes *Clusters* (Figura 53).

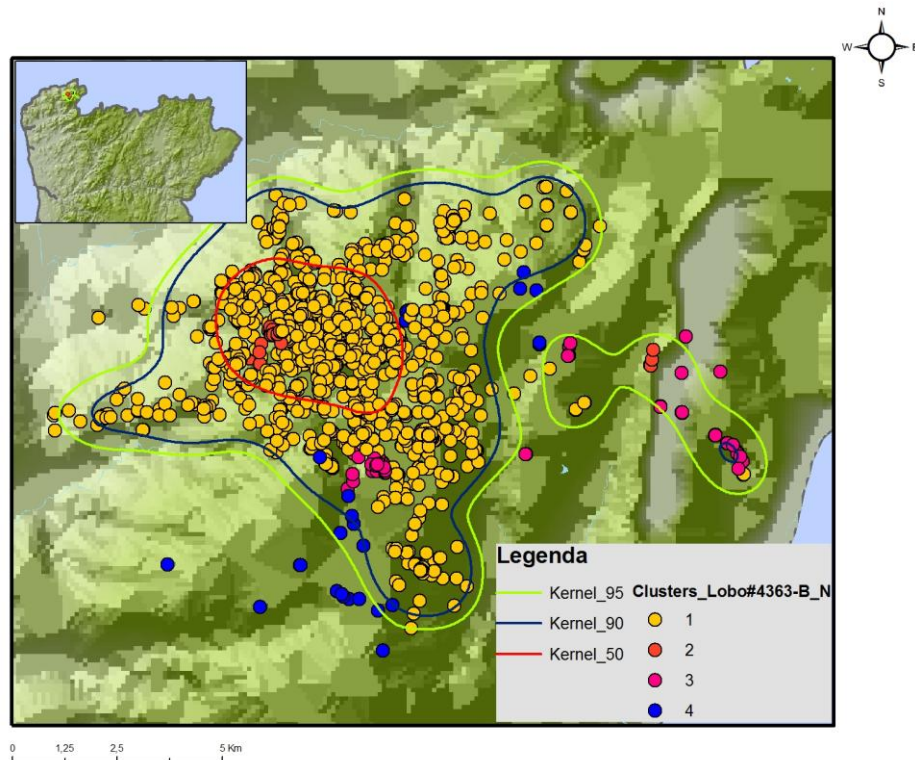


Figura 47: Georeferenciação dos registos do lobo #4363-B por *Cluster*, durante o período nocturno, e aplicação do método de Kernel à amostra.

5.4. CONCLUSÃO

A aplicação de uma análise de *Clusters* aos dados dos lobos marcados permitiu verificar a selecção do *habitat* por parte dos lobos marcados. Para além do padrão principal de selecção do *habitat*, este método revela também os comportamentos menos comuns e, portanto, mais difíceis de detectar. De seguida, e concluindo, procede-se à avaliação das hipóteses estabelecidas:

HIPÓTESE 1: Aceita-se a hipótese 1 de que existem variáveis que determinam a selecção de locais por parte dos lobos marcados.

HIPÓTESE 2: Aceita-se parcialmente a hipótese 2 de que a selecção do *habitat* varia entre os lobos marcados.

HIPÓTESE 3: Aceita-se parcialmente a hipótese 3 de que selecção do *habitat* varia em função do período circadiano.

HIPÓTESE 4: Aceita-se a hipótese 4: A selecção do *habitat* é função das distâncias percorridas pelos lobos, variando entre locais de refúgio e locais onde ocorrem deslocações.

HIPÓTESE 5: Aceita-se parcialmente a hipótese 5 de que a selecção do *habitat* varia em função do sexo e/ou do estatuto social dos lobos;

HIPÓTESE 6: Aceita-se a hipótese 6: existe uma relação entre a selecção do *habitat* e as áreas vitais e os centros de actividade diurnos e nocturnos dos lobos marcados.

HIPÓTESE 7: Aceita-se parcialmente a hipótese 7 de que a metodologia utilizada permite responder adequadamente às hipóteses anteriores, tendo em conta limitações para a análise comparativa entre lobos e da variável categórica “uso do solo”.

CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de grandes carnívoros, como é o caso do lobo, constitui uma medida da biodiversidade a um nível regional e da manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas. As alcateias estudadas neste projecto integram um núcleo populacional lupino estável que constitui uma importante fonte de animais dispersantes (“população-fonte”). Por esse motivo, a sua conservação é vital para a conservação da espécie. O desafio da conservação do lobo é complexo e dinâmico envolvendo factores ecológicos, económicos, institucionais políticos e culturais. Neste projecto foram abordados factores ecológicos e as suas implicações no comportamento do lobo. O conhecimento das características do *habitat* preferenciais para a presença e os movimentos do lobo durante o período diurno e nocturno poderá permitir estabelecer áreas prioritárias de conservação para a espécie.

Terminado este projecto importa ainda efectuar uma análise crítica aos seus objectivos e aos resultados obtidos.

O processo que conduz à obtenção de dados de localizações de lobos com recurso a colares GPS é complexo e moroso. O tratamento desses dados deve ser estruturado de forma que o conhecimento que deles advém seja rigoroso e optimizado.

Neste projecto foram delineadas duas estratégias principais no tratamento dos dados obtidos pela monitorização de três lobos com colares GPS. Por um lado, pretendia-se que a modelação do *habitat* para a presença e movimentos dos lobos fosse efectuada de forma realista, tendo por base superfícies de custo que representassem as resistências ao lobo em função de factores fisiográficos, da cobertura vegetal e de factores antropogénicos. Pretendia-se que os modelos obtidos fossem validados com os dados reais de presença dos lobos marcados. Este objectivo foi atingido. Contudo, a sua adequabilidade poderá ser ainda optimizada o aumento da amostra de indivíduos e, sobretudo, obtendo localizações dos indivíduos em intervalos inferiores a 2h05m. A posse de localizações de lobos em períodos reduzidos permitiriam estabelecer com maior detalhe as rotas dos lobos e diferenciar *a priori* os modelos entre deslocações e períodos de repouso.

Por outro lado, pretendia-se perceber a selecção do *habitat* por parte dos lobos marcados tendo em conta os modelos de adequabilidade em função das superfícies de custo obtidos.

A opção de escolha de aplicação de um SOM para a concretização deste objectivo revelou ser adequada. Este método permitiu a utilização de dados espaço-temporalmente correlacionados e permitiu perceber o padrão de utilização do *habitat* por cada lobo. Além disso, revelou as características que determinam os acontecimentos menos comuns. Esta capacidade é fundamental na avaliação dos comportamentos dos animais. O método aplicado revelou-se menos eficiente no estudo da variável “uso do solo”, já que foi necessário fazer o estudo dessa variável *a posteriori* devido às suas características de variável categórica. Também para a análise comparativa da selecção do *habitat* inter individual este método não é óptimo uma vez que os *clusters* obtidos não podem ser comparados devido à representação de cenários distintos. Com efeito, essa análise foi realizada *a posteriori*.

A relação entre o comportamento de selecção do *habitat* e o sexo, idade e estatuto social dos lobos carece de uma amostra mais robusta ao nível dos indivíduos.

O *software* utilizado no treino do SOM revelou algumas limitações. O processo de introdução dos vários parâmetros em função do erro obtido é moroso e pouco prático. Por outro lado, este *software* não permite o cálculo do índice Davies-Bouldin (DAVIES & BOULDIN 1979) que permite aferir o número óptimo de *Clusters*. Algumas limitações também ocorreram na quantificação das distâncias entre neurónios e na visualização das matrizes de U. Desta forma, poder-se-á otimizar o método utilizado operando-o num *software* alternativo.

As potencialidades do trabalho realizado neste projecto não se esgotam aqui. Os modelos e conhecimento obtidos poderão servir de base a análise de dispersões direccionais entre populações lupinas. Uma outra aplicabilidade prática poderá ser a manutenção e/ou conservação de zonas com determinadas características, com base nos resultados aqui obtidos.

Em suma, a integração de novas tecnologias como telemetria GPS na monitorização do lobo, com técnicas de análise e modelação espacial em ambiente SIG e análise de dados recorrendo ao *data mining* “abrem uma nova janela” no conhecimento da espécie que é fundamental à sua conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVARES, F. (2000) – Monitorização do lobo (*Canis lupus*) na área fronteiriça do Noroeste Ibérico. (Lisboa: PNPG).
- ATKINSON, D., DEADMAN, P., DUDYCHA, D. & TRAYNOR, S. (2005). Multi-criteria evaluation and least cost path analysis for an arctic all-weather road. *Applied Geography*. **25**: 287-307.
- BAÇÃO, F. (2009). Materiais de Apoio à disciplina de “Data-Mining Geo-espacial”, UNIGIS, ISEGI, Lisboa.
- BASILLE, M., CALENGE, C., MARBOUTIN, E., ANDERSEN, R. & GAILLARD, J-M. (2008). Assessing *habitat* selection using multivariate statistics: some refinements of the ecological-niche factor analysis. *Ecological Modelling*. **211**: 233-240.
- BLANCO, J.C. & CORTES, Y. (2007). Dispersal patterns, social structure and mortality of wolves living in agricultural *habitats* in Spain. *Journal of Zoology* **273**:114-124.
- BOITANI L. (1982). Wolf management in intensively used areas of Italy. Pp. 158-172 In F.H. HARRINGTON & P.C. PAQUET (eds.). *Wolves of the world: perspectives of behavior, ecology, and conservation*. (New Jersey: Noyes Publications).
- BURROUGH, P. A. & McDONELL, R. (1998). *Principles of geographical Information Systems*. (Oxford: Oxford University Press).
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. (1998). *Geoprocessamento para Projetos Ambientais*. (São Paulo, INPE).
- CARBYN, L.N., FRITTS, S.H., & SEIP, D.R. (Editors) (1995). *Ecology and conservation of wolves in a changing world*. (University of Alberta, Edmonton: Canadian Circumpolar Institute).
- CÉRÉGHINO, R. & PARK, Y.-S. (2009). Review of the Self-Organizing Map (SOM) approach in water resources: Commentary. *Environmental Modelling*. **24**: 945-947.
- CÉRÉGHINO, R., SANTOUL, F. COMPIN, A. & MASTRORILLO, S. (2005). Using self-organizing maps to investigate spatial patterns of non-native species. *Biological Conservation*. **125**: 459-465.
- CHOU, YUE-HONG (1997). *Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems*. (USA: Onword Press).
- COOKE, S. (2008). Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national, and IUCN Red List threat assessments. *Endangered species research*. **4**: 165-185.

- DAVIES, D.L. & BOULDIN, D.W. (1979). A *Cluster* separation measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. **1**: 224-227.
- DEL BARRIO, G., P.A. HARRISON, P.M. BERRY, N. BUTT, M.E. SANJUAN, R.G. PEARSON & T. DAWSON (2006). Integrating multiple modelling approaches to predict the potential impacts of climate change on species' distributions in contrasting regions: comparison and implications for policy. *Environmental Science & Policy*. **9**: 129-147.
- DRIEZEN, K., ADRIAENSEN, F., RONDININI, C., DONCASTER, P. & MATTHYSEN, E. (2007). Evaluating least-cost model predictions with empirical dispersal data: A case-study using radiotracking data of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Ecological Modelling*. **209**: 314-322.
- Ferreras, P. (2001). Landscape structure and asymmetrical inter-patch connectivity in a metapopulation of the endangered Iberian lynx. *Biological Conservation*. **100**: 125-136.
- FOLTÊTE, J.C., BERTHIER, K. & COSSON, J.F. (2008) Cost distance defined by topological function of landscape. *Ecological Modelling*. **210**: 104-114.
- FORMAN, R.T.T. (1995). *Land Mosaics*. (Cambridge: University Press).
- FRITTS, S.H. & MECH, L.D. (1981). Dynamics, movements, and feeding ecology of a newly protected wolf population in Northwestern Minnesota. *Wildlife Monographs*. **80**:1-79.
- FULLER, T.K. & J. SNOW.(1988). Estimating winter wolf densities using radiotelemetry data. *Wildlife Society Bulletin*. **16**:367-370.
- GARSHELIS, D. (2006). On the allure of noninvasive genetic-sampling: putting a face to the name. *Ursus*. **17**: 109-123.
- GATRELL, A. C. (1991). Concepts of space and Geographical data In MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F. & RHIND, D. W. (Ed. s.). *Geographical Information Systems Vol I "Principles"*. (New York : David Maguire; Michael Goodchild; David Rhind).
- GEVREY, M., WORNER, S., KASABOV, N., PITT, J.& GIRAUDEL, J. (2006). Estimating risk of events using SOM models: A case study on invasive species establishment. *Ecological Modelling*. **197**: 361-372.
- GORRICHIA, J. & LOBO, V. (2009). Visualização de Clusters em Dados Georreferenciados: uma abordagem com recurso ao Self-Organizing Map 3D. Comunicação apresentada nas XVI Jornadas de Classificação e Análise de Dados. (Faro: Universidade do Algarve).

- GRILO C.; MOÇO, G.; CÂNDIDO, A.T.; ALEXANDRE, A.S. & PETRUCCI-FONSECA, F.. (2002). Bases para definição de corredores ecológicos na conservação de uma população marginal e fragmentada: o caso da população lupina a sul do rio Douro. (Lisboa: CBA).
- GUIBAN, A. AND ZIMMERMAN, N.E. (2000). Predictive *habitat* distribution models in ecology. *Ecological Modelling*. **135**: 147-186.
- HARRINGTON, F.H., & PAQUET, P.C. (Ed. s). (1982). *Wolves of the world: perspectives of behaviour, ecology, and conservation*. (Park Ridge: Noyes Publications).
- HARRIS, S., CRESSWELL, W.J., FORDE, P.G, TREWHELL, W.J., WOOLLARD, T. & WRAY, S. (1990). Home-range analysis using radio tracking data – a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* **20(2/3)**:97-123.
- HENRIQUES, R. & BAÇÃO, F. (2004). soMGis: Uma ferramenta para construir regiões. V Congresso da Geografia Portuguesa. (Campus de Azurém, Guimarães: Universidade do Minho).
- JEDRZEJEWSKI, W., SCHMIDT, K., THEUERKAUF, J., JEDRZEJEWSKI, B. & OKARMA, H. (2001). Daily movements and territory use by radio-collared wolves (*Canis lupus*) in Bialowieza Primeval Forest in Poland. *Canadian Journal Zoology*. **79**: 1993-2004.
- KAUTZ, R., KAWULA, R., HOCTOR, T., COMISKEY, J. JANSEN, D., JENNINGS, D., KASBOHM, J., MAZZOTTI, F., MCBRIDE, R. & RICHARDSON, L. (2006). How much is enough? Landscape-scale conservation for the Florida panther. *Biological Conservation*. **130**: 118-113.
- KOHONEN, T. (1995). *Self-Organizing Maps*. (1st edition). (Berlin: Springer).
- KOHONEN, T. (2001). *Self-Organizing Maps*. (3rd edition). (Berlin: Springer).
- LARKIN, J., MAEHR, D., HOCTOR, T., ORLANDO, M. & WHITNEY, K. (2004). Landscape linkages and conservation planning for the black bear in west-central Florida. *Animal Conservation*. **7**: 1-12.
- LARUE, M. & NIELSEN, C. (2008) Modelling potential dispersal corridors for cougars in midwestern North America using least-cost path methods. *Ecological Modelling* **212**: 372-381.
- LLOYD, G., WONGRAVEE, K., SILWOOD, C., GROOTVELD, M. & BRERETON, R. (2009). Self Organising Maps for variable selection: Application to human saliva analysed by nuclear magnetic resonance spectroscopy to investigate the effect of an oral healthcare product. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. **98**, 149-161.
- LONGLEY, P. & BATTY, M. (1996). "Analysis, modelling, forecasting, and GIS technology" in LONGLEY, P. & BATTY, M. (Ed. s). *Spatial Analysis: Modelling in a GIS environment*. (Glasgow : GeoInformation International).

- MANLY, B. F. J., McDONALD, L.L. & THOMAS, D.L. (1993). Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. (London, United Kingdom: Chapman).
- MATOS, J. L. (2001). Fundamentos de Informação Geográfica. (Maфра: Lidel-edições técnicas).
- MATTHIOPOULOS, J. (2003). The use of space by animals as a function of accessibility and preference. *Ecological Modelling*. **159**: 239-268.
- MECH L.D. & BARBER, S.M. (2002). A critique of wildlife radio-tracking and its use in National Parks. Unpublished Report. U.S. National Park Service.
- MECH, L.D. (1970). The wolf: the ecology and behaviour of an endangered species. (Garden City, N.Y: Natural History Press).
- MERRILL S. & MECH, L.D. (2003). The usefulness of GPS telemetry to study wolf circadian and social activity. *Wildlife Society Bulletin*. **31(4)**: 947-960.
- MESSIER, F. (1985). Solitary living and extraterritorial movements of wolves in relation to social status and prey abundance. *Canadian Journal Zoology*. **63**: 239-245.
- MILLER, H. J. & HAN, J. (2001). "Geographic data mining and knowledge discovery: an overview" in MILLER, H. J. & HAN, J. (Ed. s). Geographic Data Mining and Knowledge Discovery. (London: Taylor & Francis).
- MOREIRA, L. (1992). Contribuição para o estudo da ecologia do lobo (*Canis lupus signatus* Cabrera, 1907) no Parque Natural de Montesinho. Relatório de estágio para obtenção da Licenciatura em Recursos Faunísticos e Ambiente. (Lisboa: FCUL).
- NAVEGA, S. (2002). Princípios Essenciais do Data Mining. [Publicação electrónica]. Anais do *Infoimagem 2002, Cenadem*. (URL: <http://www.intelliwise.com/reports/i2002.pdf>, consulta em Novembro de 2009)
- NEVES, N. (2008). Materiais de Apoio à disciplina de "Dados Geoespaciais – Modelos e Operações", UNIGIS, ISEGI, Lisboa.
- OAL (2009). Página do Observatório Astronómico de Lisboa (URL: <http://www.oal.ul.pt/>).
- OKARMA, H., JEDRZEJEWSKI, W., SCHMIDT, K., SNIETKO, S. BUNEVICH, A.N. & JEDRZEJEWSKI, B. (1998). Home ranges of wolves in Bialowieza Primeval Forest, Poland, compared with other Eurasian populations. *Journal of mammalogy*. **79**: 628-637.
- PEARSON, R.G., DAWSON, T.P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*. **12**: 361-371.

- PEREIRA, M., F. FONSECA & C.P. MAGALHÃES. (1985). Wolf ecology in Portugal. In *Proceedings of the Symposium Predateur*. (Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa).
- PIMENTA, M. & M.L. SANTARÉM (1996) Atlas das Aves do Parque Nacional da Peneda-Gerês. (Gerês: ICN/PNPG).
- PIMENTA, V. (1998). Estudo comparativo de duas alcateias no nordeste do distrito de Bragança. Utilização do espaço e do tempo e hábitos alimentares. Relatório de estágio profissionalizante para a obtenção de licenciatura em Biologia Aplicada aos Recursos Animais. (Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa).
- PIMENTA, V.; BARROSO, I.; ÁLVARES, F.; CORREIA, J.; FERRÃO DA COSTA, G.; MOREIRA, L.; NASCIMENTO, J.; PETRUCCI-FONSECA F.; ROQUE, S. & E. SANTOS (2005). *Censo Nacional de Lobo 2002/2003*. Relatório Técnico. (Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza).
- PINTO, N. & KEITT, T. (2009). Beyond the least-cost path: evaluating corridor redundancy using a graph-theoretic approach. *Landscape Ecology*. **24**: 253-266.
- POTVIN, F. (1987). Wolf movements and population dynamics in Papineau-Labelle Reserve. *Canadian Journal Zoology*. **66**: 1266-1273.
- POWELL, R. & PROLUX, G. (2003). Trapping and Marking Terrestrial Mammals for Research: Integrating Ethics, Performance Criteria, Techniques, and Common Sense. *ILAR journal*. **44**: 4.
- PRIMACK, R.B. (1998). *Essentials of Conservation Biology*. (Massachusetts, USA: Sinauer Associates Inc.).
- REY, J. (2000). Território e povoamento In *Cadernos da Montanha - Peneda 1*. (Arcos de Valdevez: ARDAL, CMAV).
- RIO-MAIOR, H.; R. GODINHO & F. ÁLVARES (2008). Projecto de Investigação e Conservação do lobo no Noroeste de Portugal – Ano I. (Porto: Veranda/CIBIO).
- RIO-MAIOR, H.; R. GODINHO & F. ÁLVARES (2009). Projecto de Investigação e Conservação do lobo no Noroeste de Portugal – Ano II. (Porto: Veranda/CIBIO).
- RIO-MAIOR, H., MALVEIRO, E. & PETRUCCI-FONSECA, F. (2006). O lobo e o gado extensivo no Noroeste de Portugal – Um estudo das relações ecológicas. (Lisboa: Centro de Biologia Ambiental).
- RODRÍGUEZ-FREIRE, M. & CRECENTE-MASEDA, R. (2008). Directional Connectivity of wolf (*Canis lupus*) populations in Northwest Spain and Anthropogenic effects. *Environmental Modelling Assessment*. **13**: 35-51.

- ROQUE S., ÁLVARES, F. & PETRUCCI-FONSECA, F.. (2001). Utilización espacio-temporal y hábitos alimentarios de un grupo reproductor de lobos en el noroeste de Portugal. *Galemys* **13**: 179-198.
- SEAMAN, D. E. & POWELL, R. A. (1996). An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology* **77(7)**:2075-2085.
- SEIXAS, J. (2007). Materiais de Apoio à disciplina de “Modelação e Sistemas de Informação Geográfica”, UNIGIS, ISEGI, Lisboa.
- TSO, B. & MATHER, P. 2001) Classification Methods for remotely sensed data. (USA/Canada: Taylor & Francis).
- ULTSCH, A. & SIEMON, H. P. (1990) Kohonen's self organizing feature maps for exploratory data analysis. Proceedings of International Neural Network Conference. (Paris: Kluwer Academic Press).
- VILA, C. (1993). Aspectos morfológicos y ecológicos del lobo ibérico. Memoria presentada para optar al título de Doctor en Biología. Departamento de Biología Animal. (Barcelona: Universitat de Barcelona).
- WORTON, B.J. (1989). Kernel Methods for estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology* **70(1)**: 164-168.
- WU, Y. & TAKATSUKA, M. (2005). The geodesic Self-Organizing Map and its Error Analysis. In Proceedings of the Twenty-eighth Australasian conference on Computer Science. *ACSC'05*. (NewCastle, Australia: Vladimir Estivill-Castro)

ANEXOS

ANEXO 1 – VARIÁVEIS DE INPUT NOS MODELOS

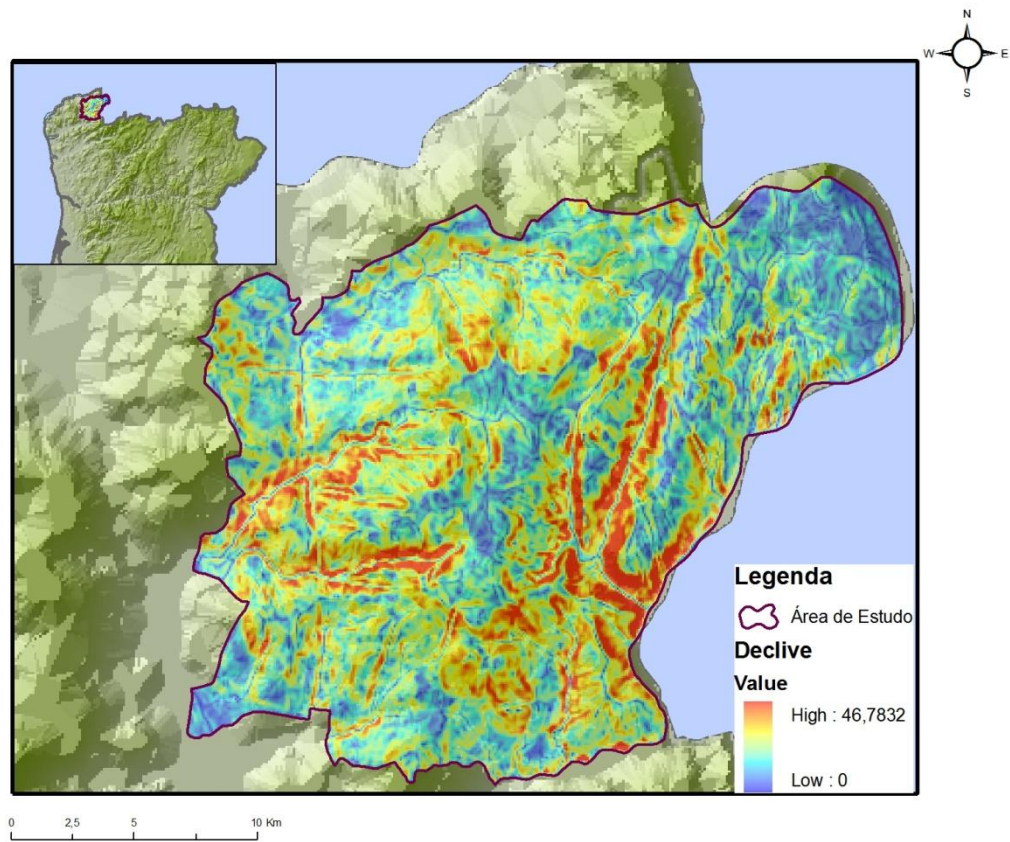


Figura 1.1: Variável Declive (graus).

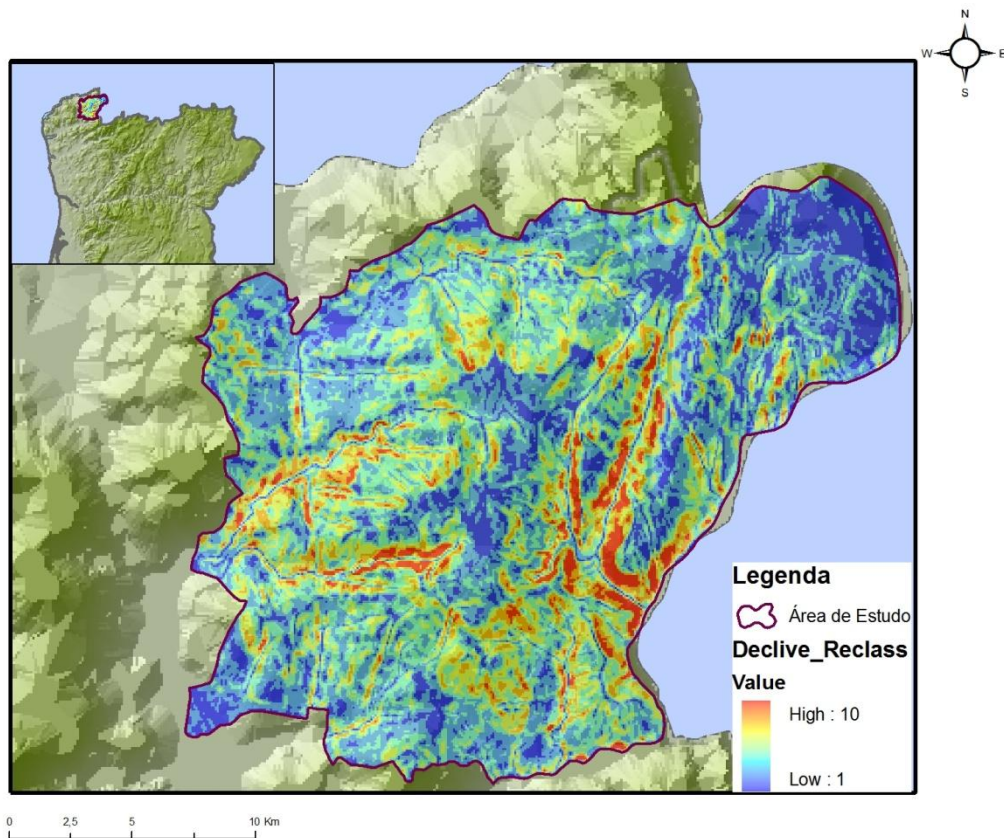


Figura 1.2: Reclassificação da variável Declive.

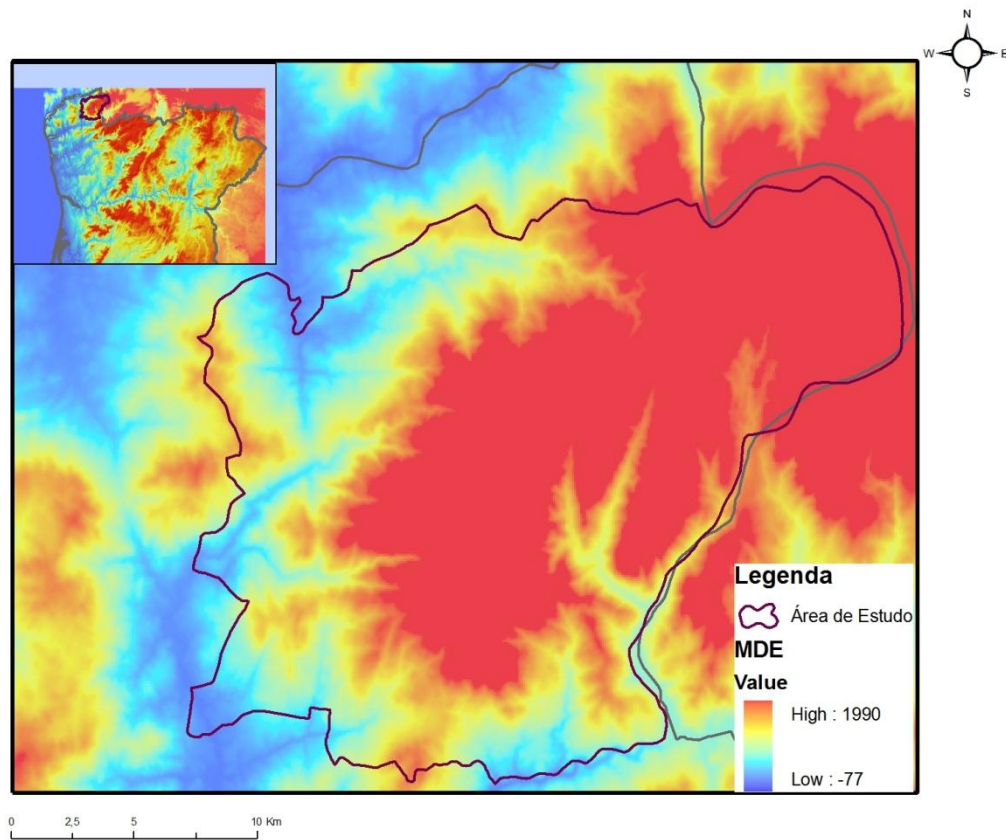


Figura 1.3: Variável Altitude (metros).

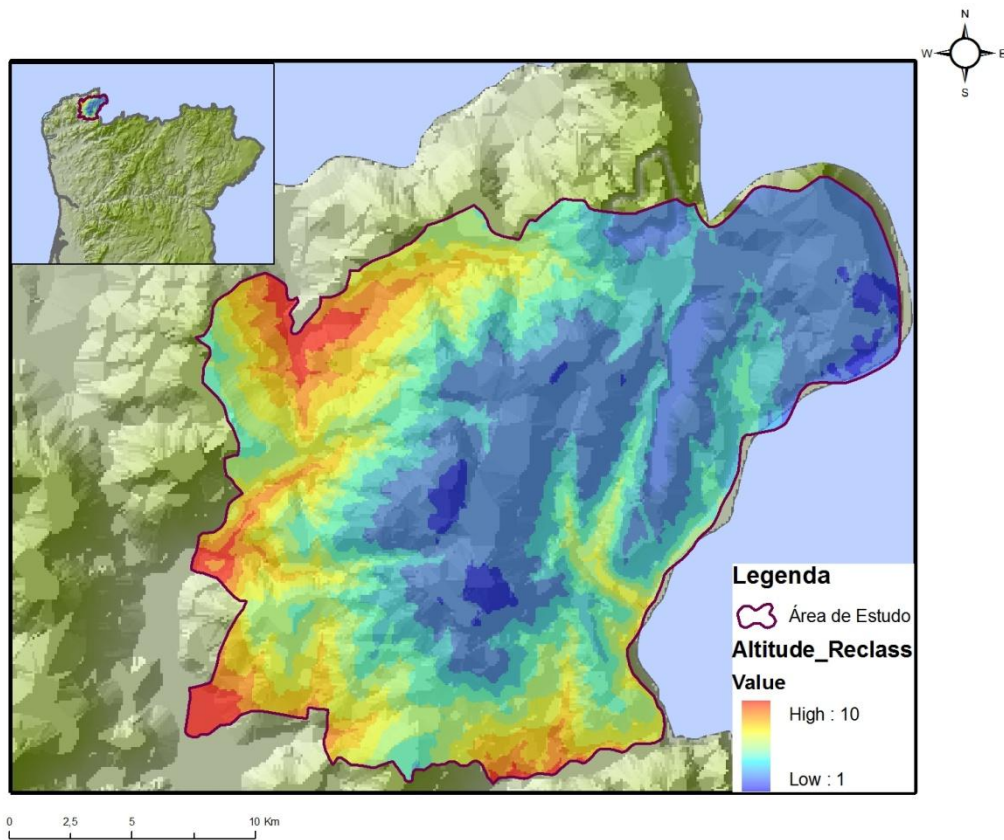


Figura 1.4: Reclassificação da variável Altitude.

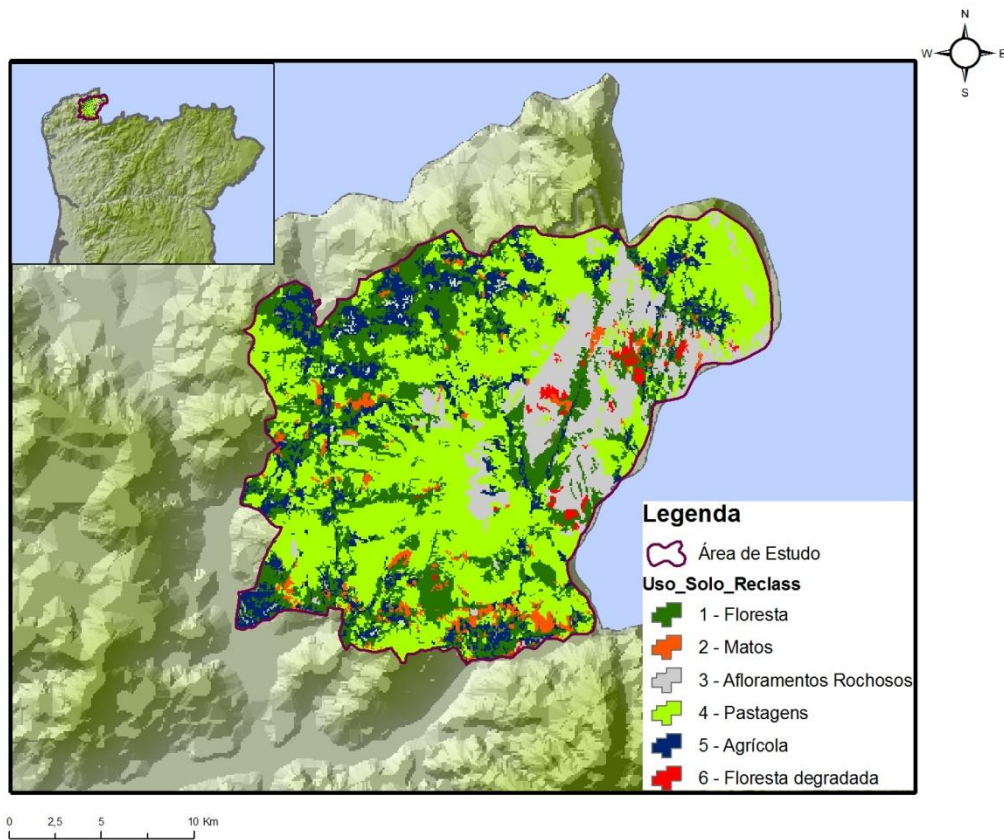


Figura 1.5: Reclassificação da Carta de Ocupação do Solo (COS'90).

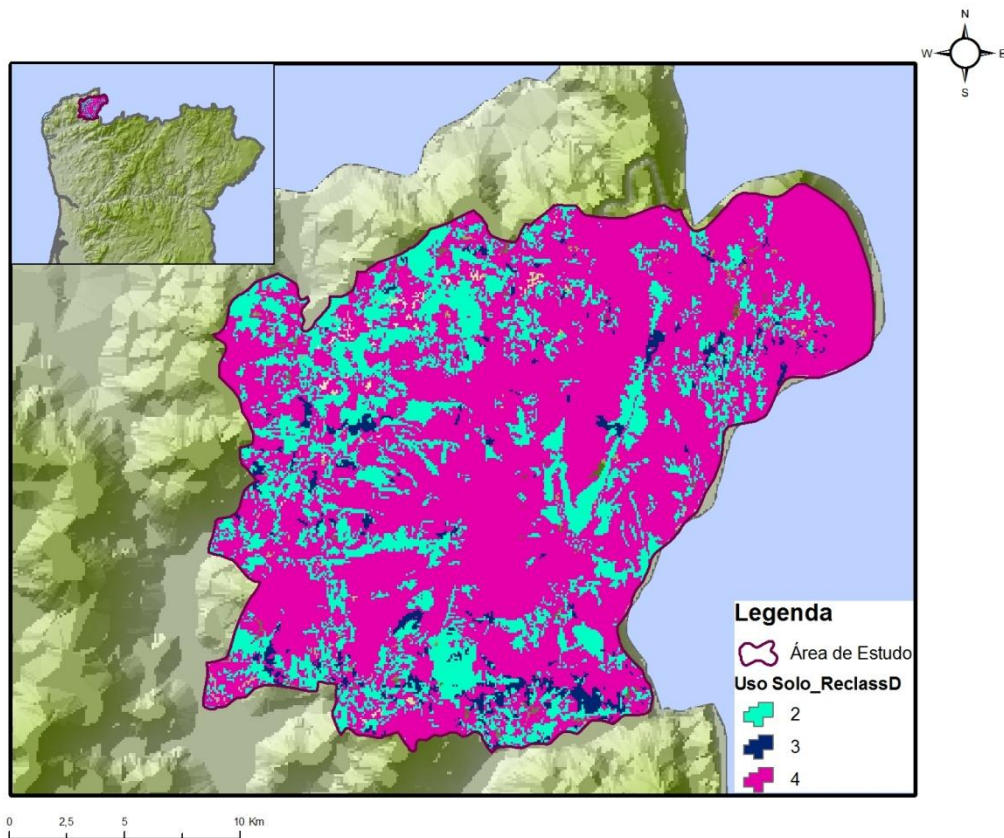


Figura 1.6: Reclassificação da variável Uso do Solo para o período diurno.

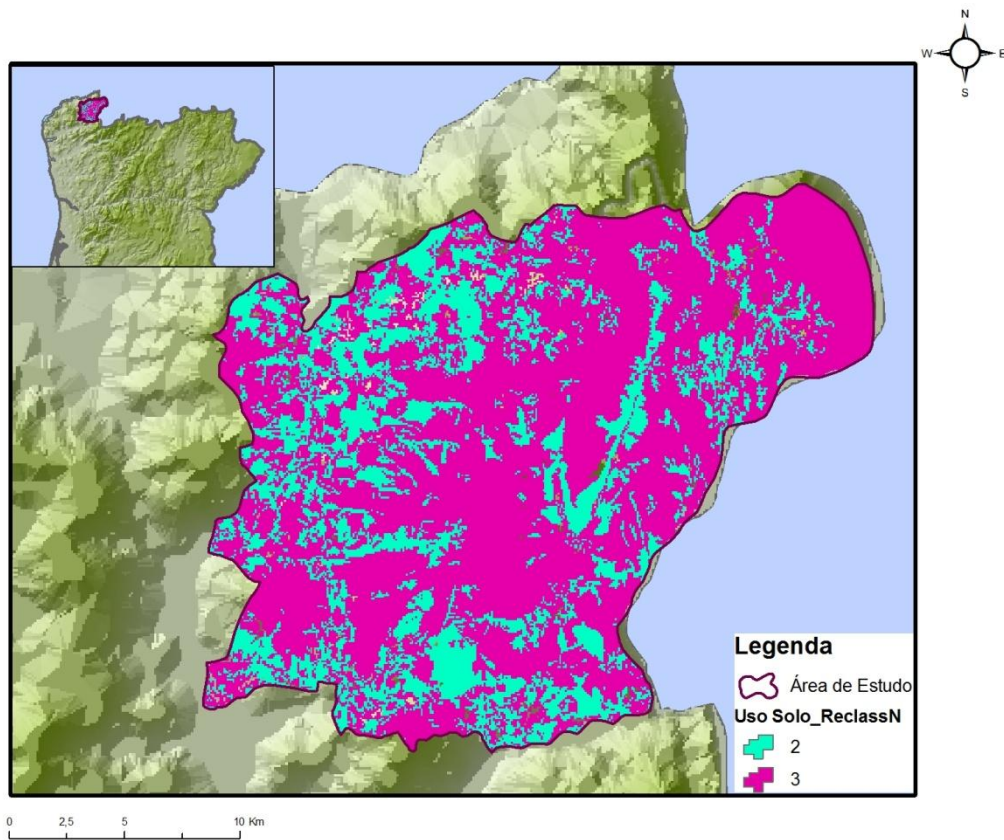


Figura 1.7: Reclassificação da variável Uso do Solo para o período noturno.

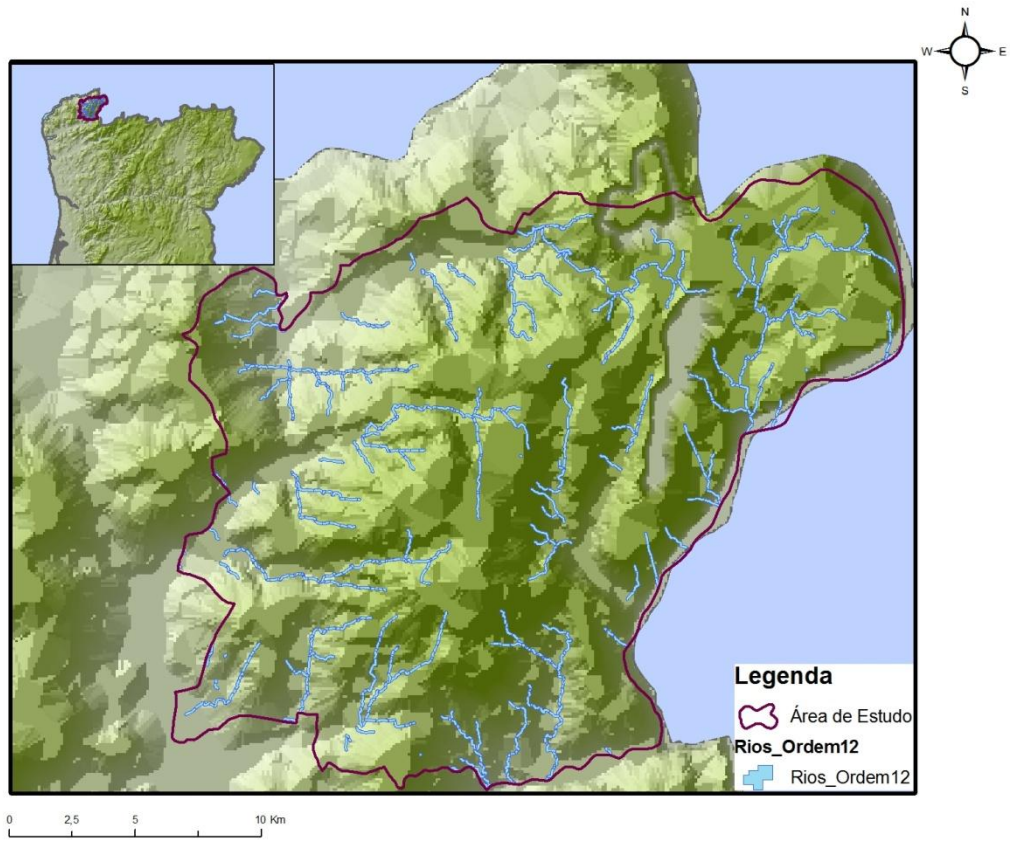


Figura 1.8: Rios de ordem 1 e 2 com uma área tampão de 50 metros.

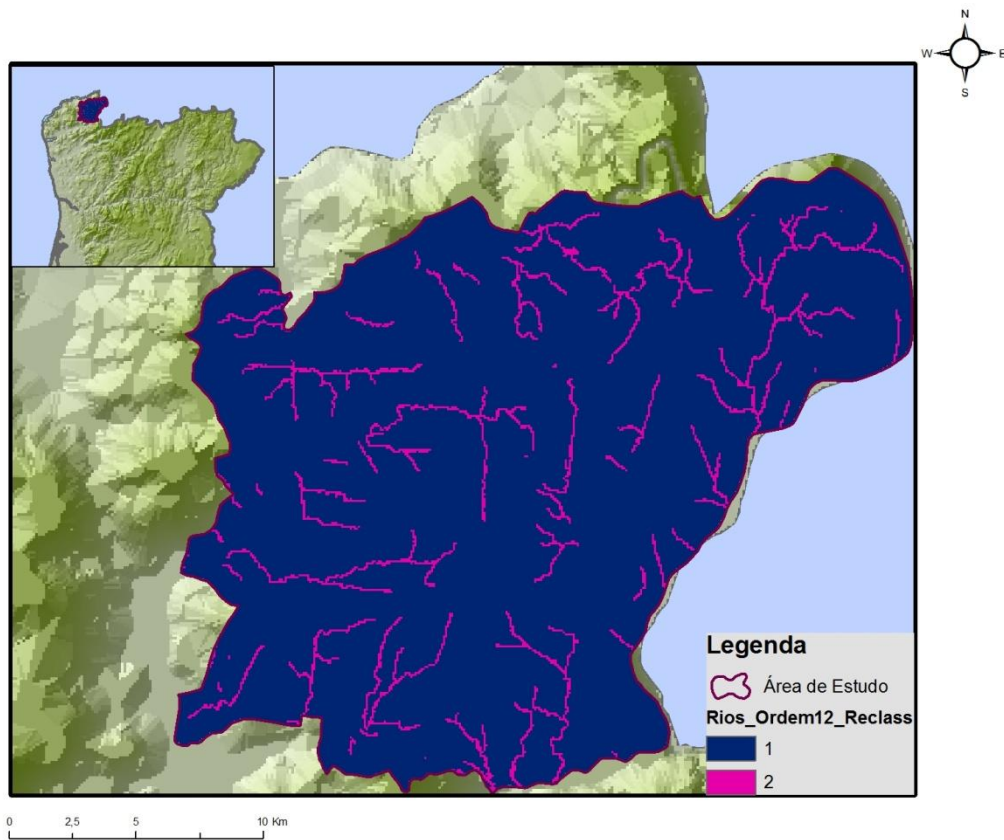


Figura 1.9: Reclassificação da variável rio de ordem 1,2.

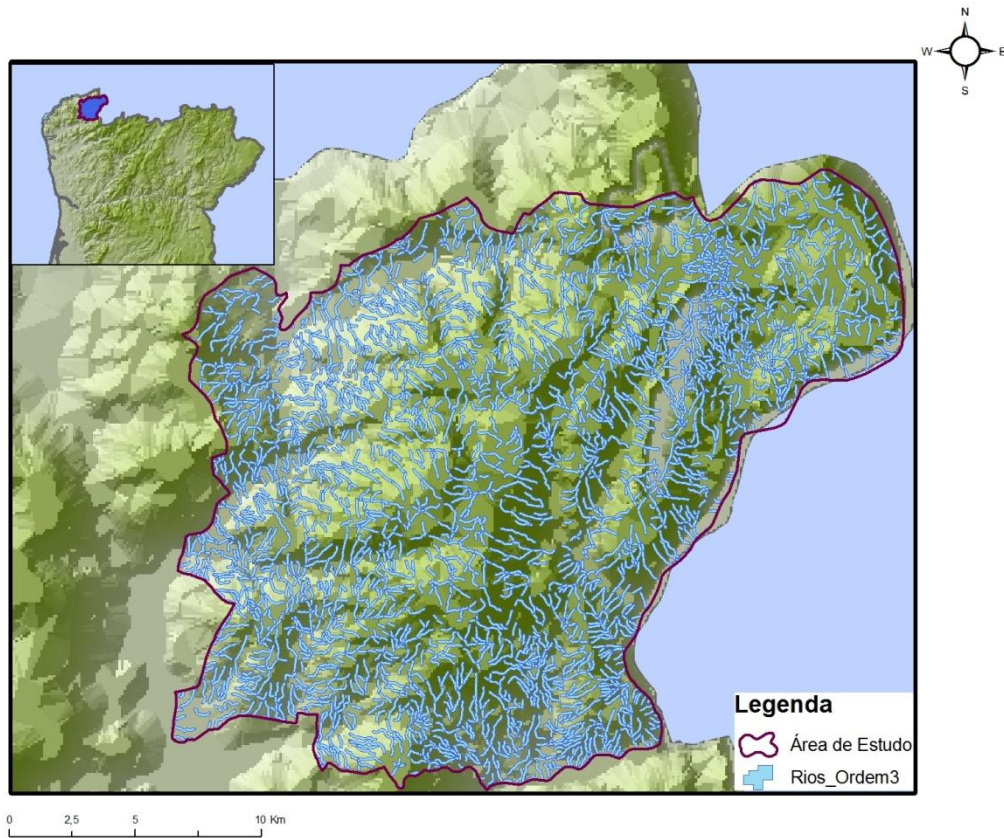


Figura 1.10: Rios de ordem 3 com uma área tampão de 50 metros.

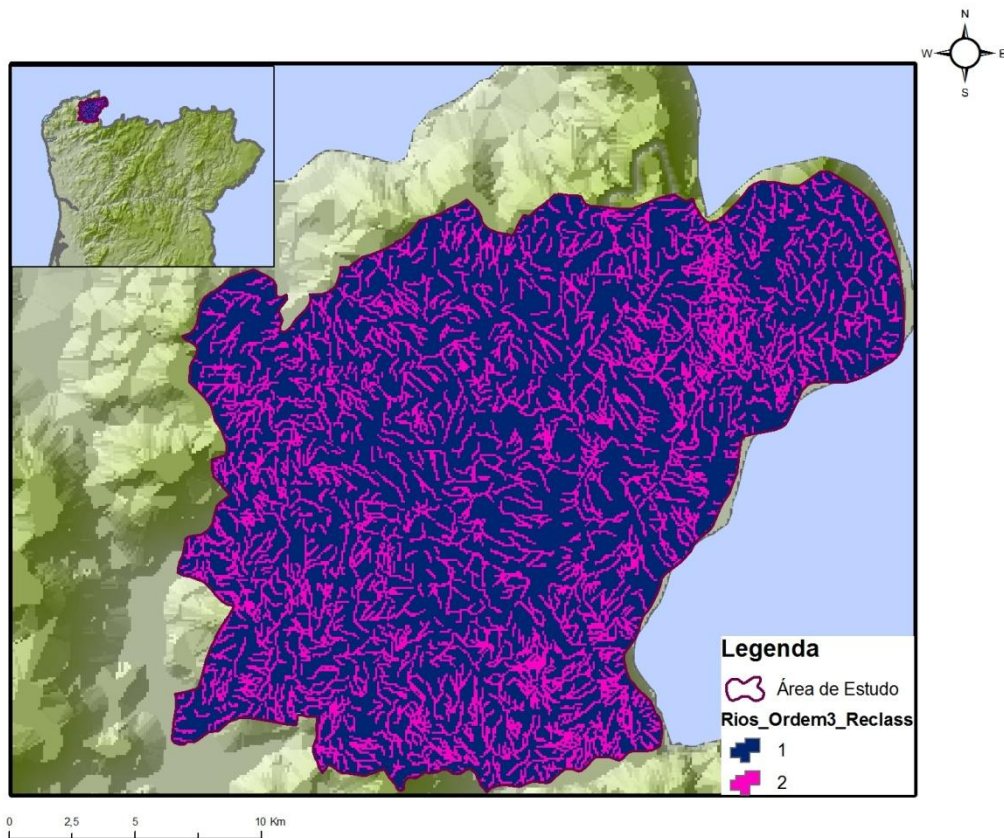


Figura 1.11: Reclassificação da variável rio de ordem 3.

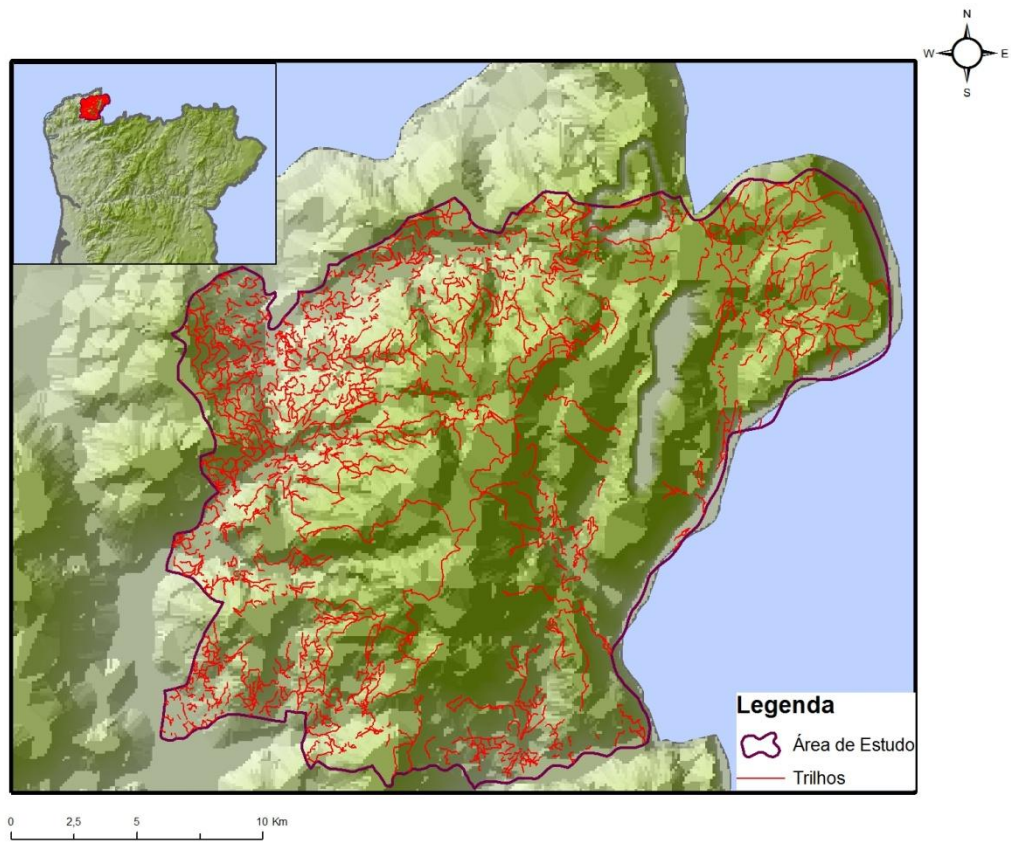


Figura 1.12: Trilhos e estradas de terra batida na área de estudo.

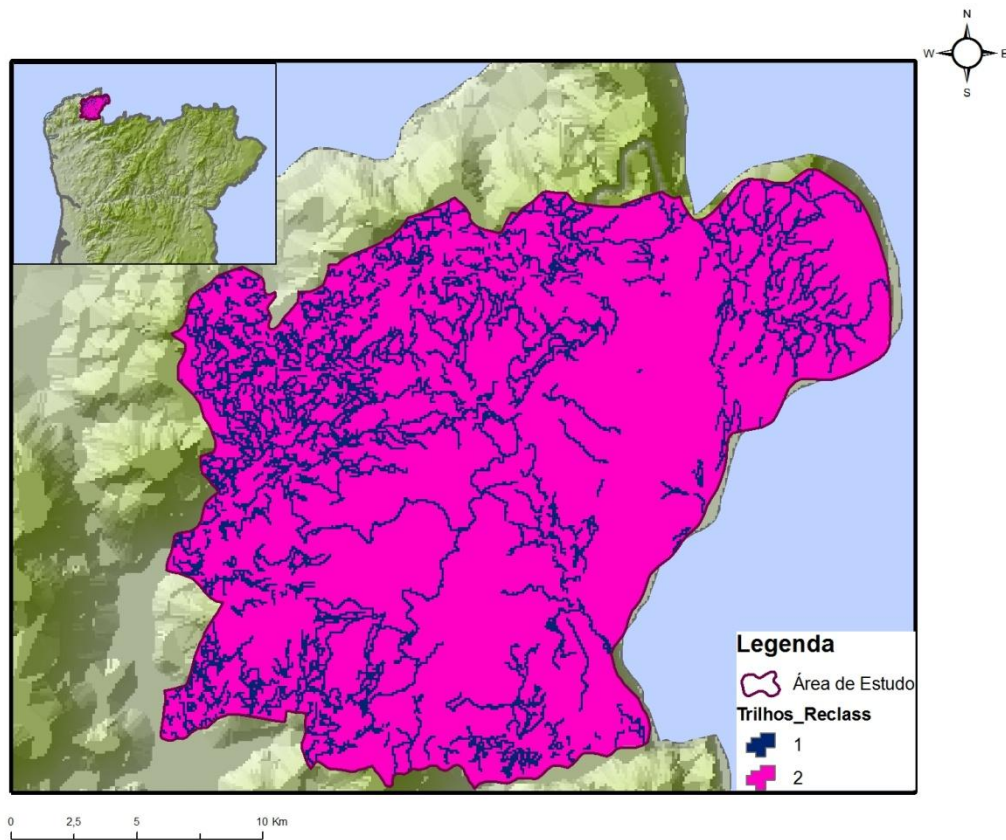


Figura 1.13: Reclassificação da variável trilhos/estrada de terra batida.

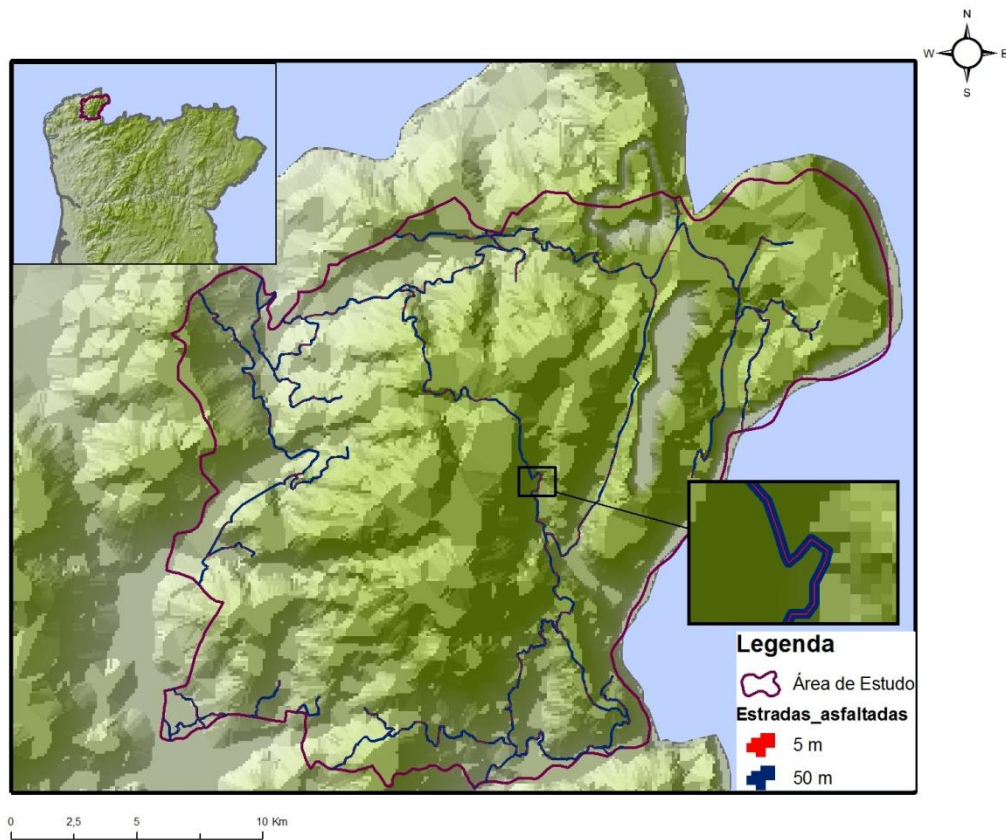


Figura 1.14: Estradas asfaltadas com uma área tampão de 55 metros.

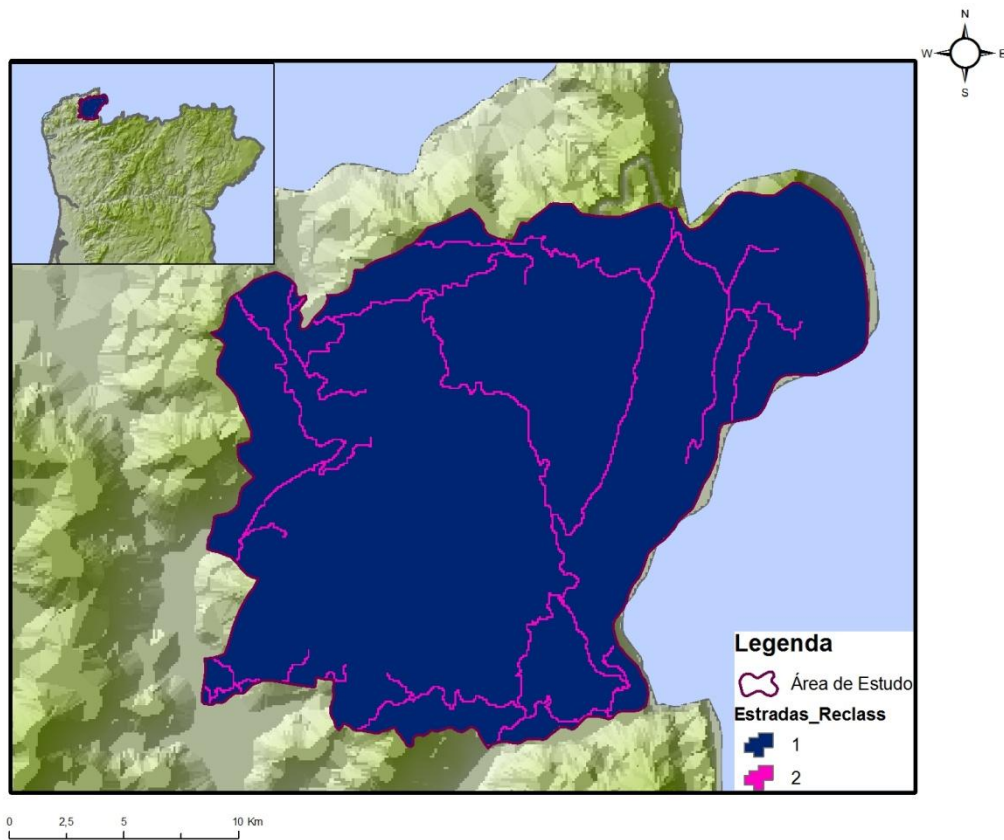


Figura 1.15: Reclassificação da variável estradas asfaltadas.

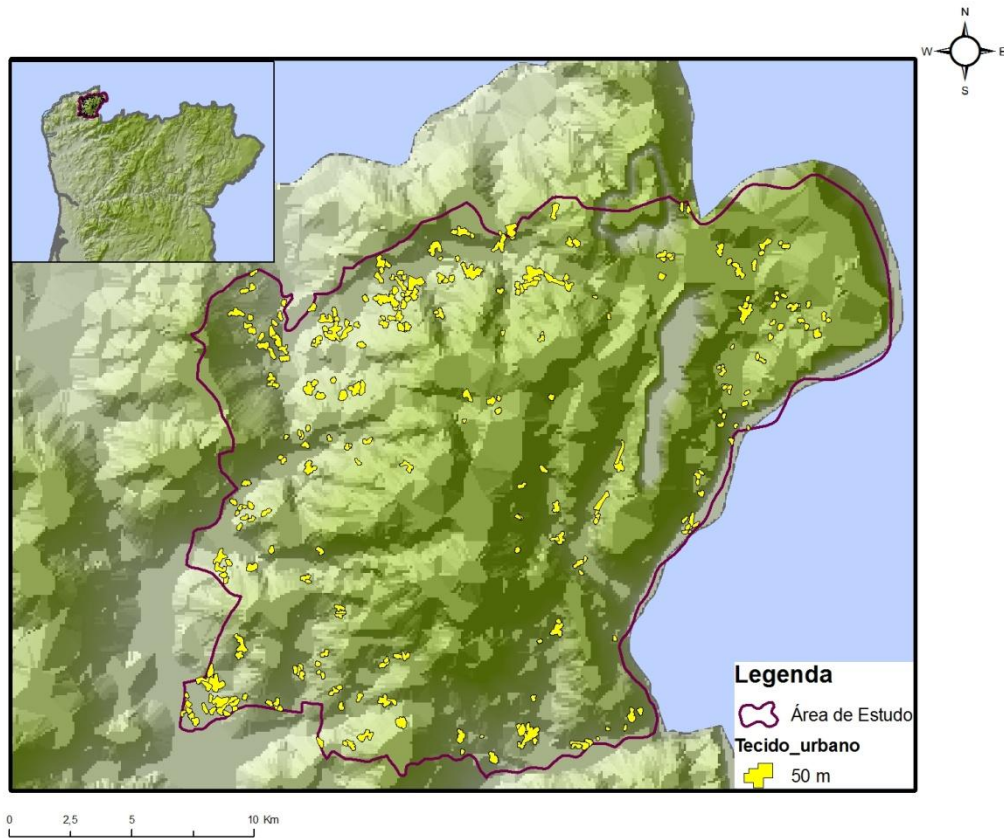


Figura 1.16: Tecido urbano com uma área tampão de 50 metros.

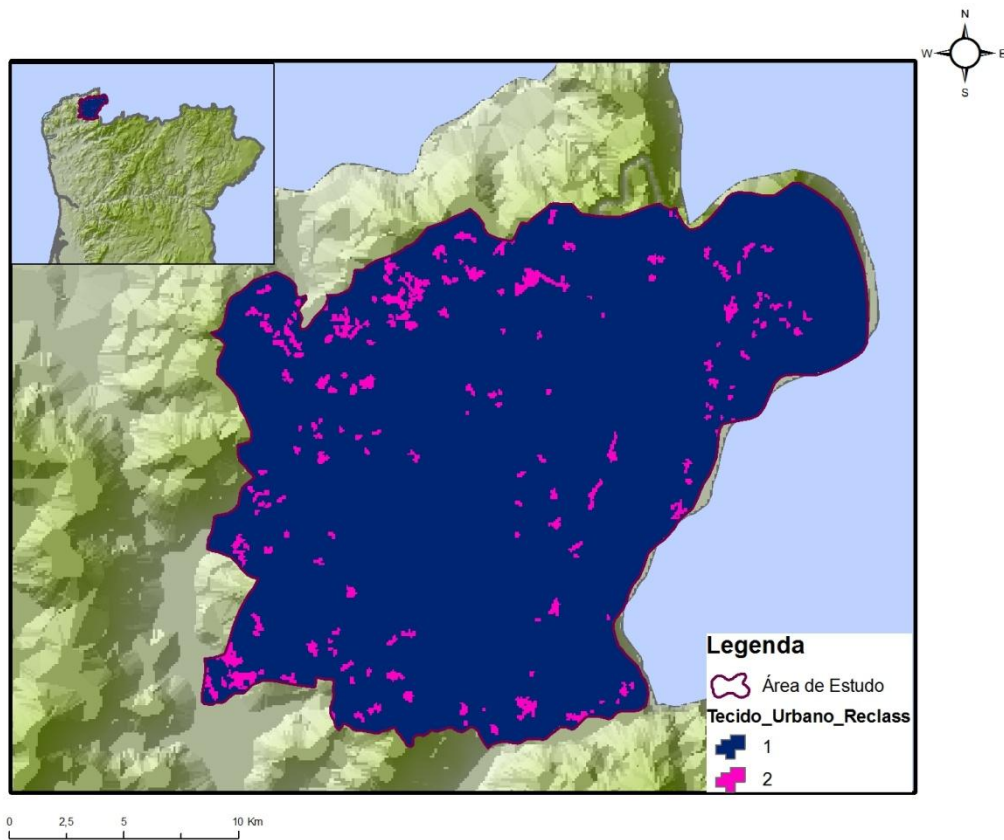


Figura 1.17: Reclassificação da variável tecido urbano.

ANEXO 2 – MATRIZES DE U E AGRUPAMENTO DE CLUSTERS

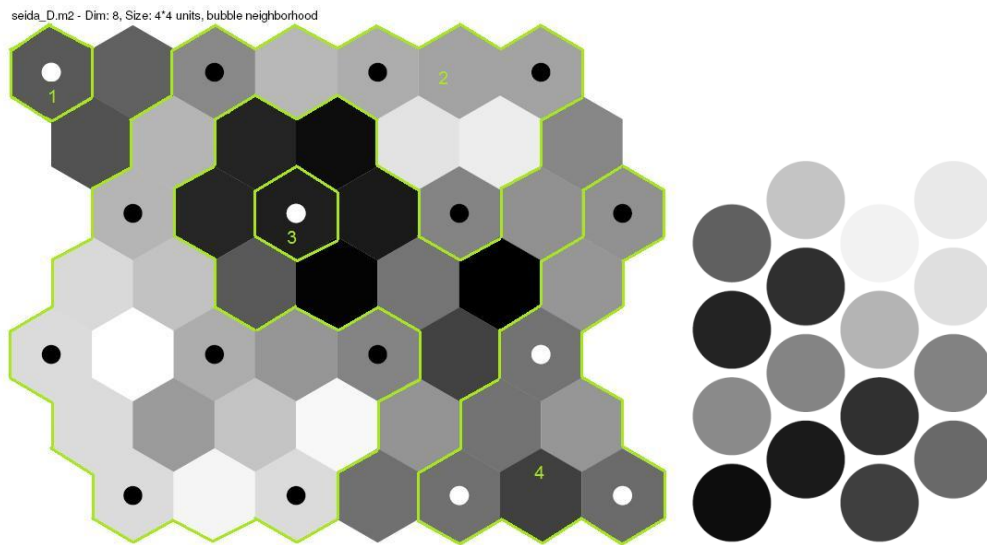


Figura 2.1: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363 durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

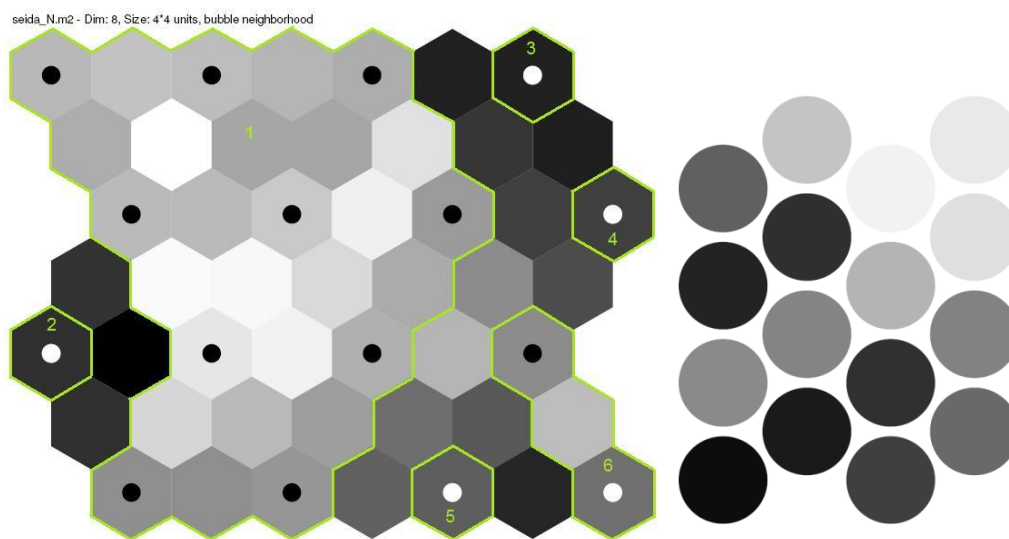


Figura 2.2: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363 durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

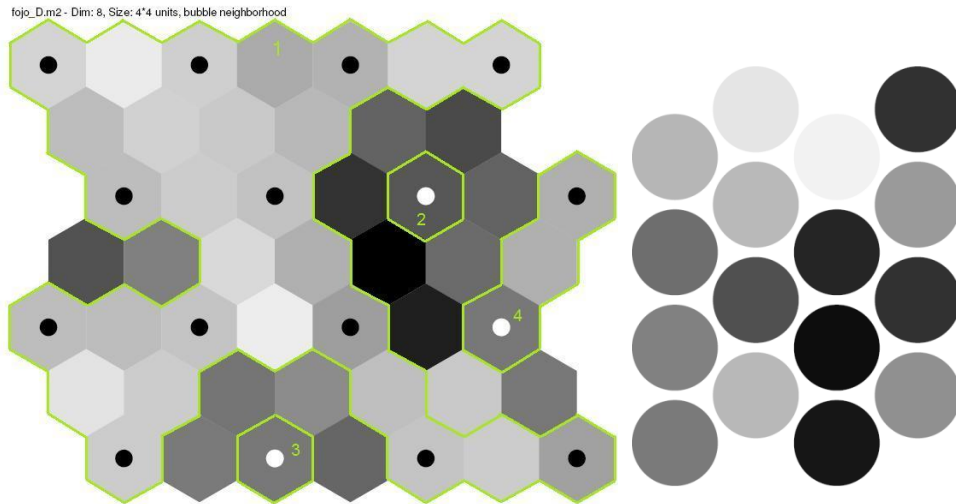


Figura 2.3: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4364 durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

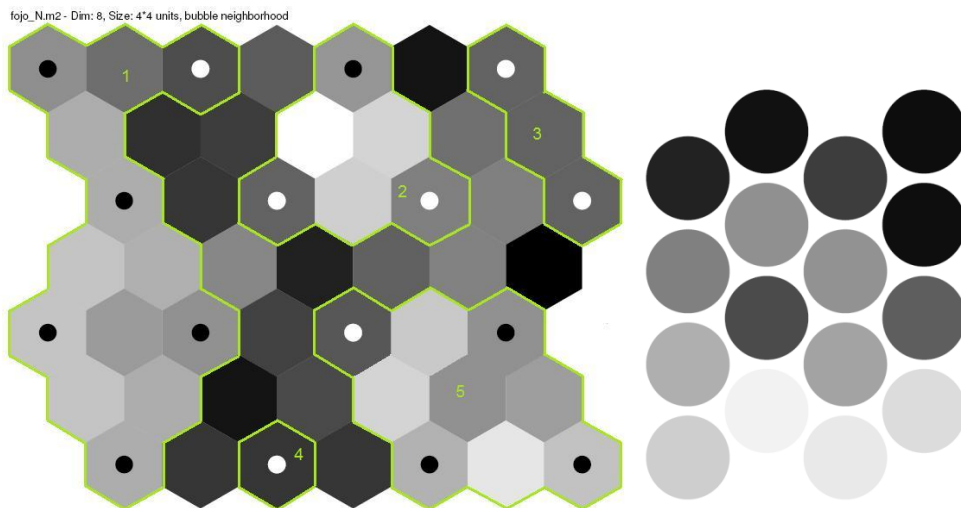


Figura 2.4: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4364 durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

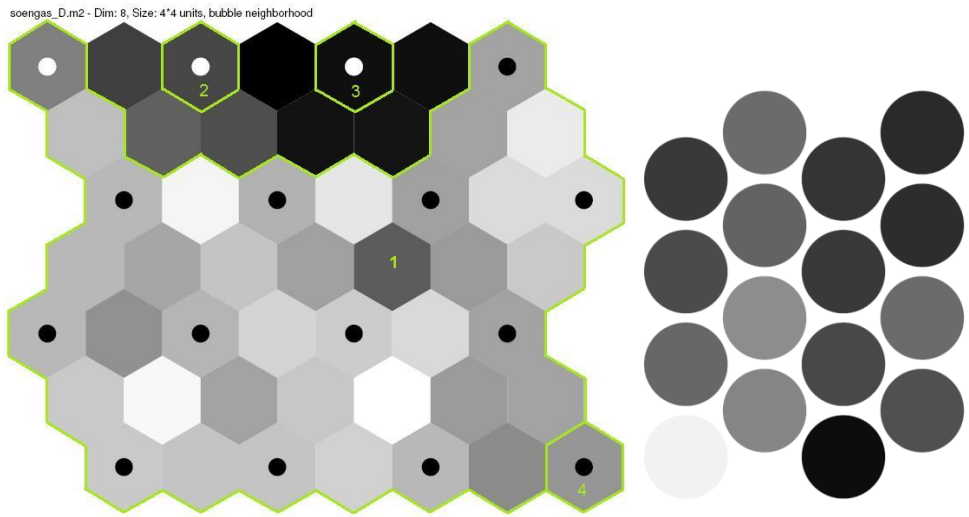


Figura 2.5: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363-B durante o período diurno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

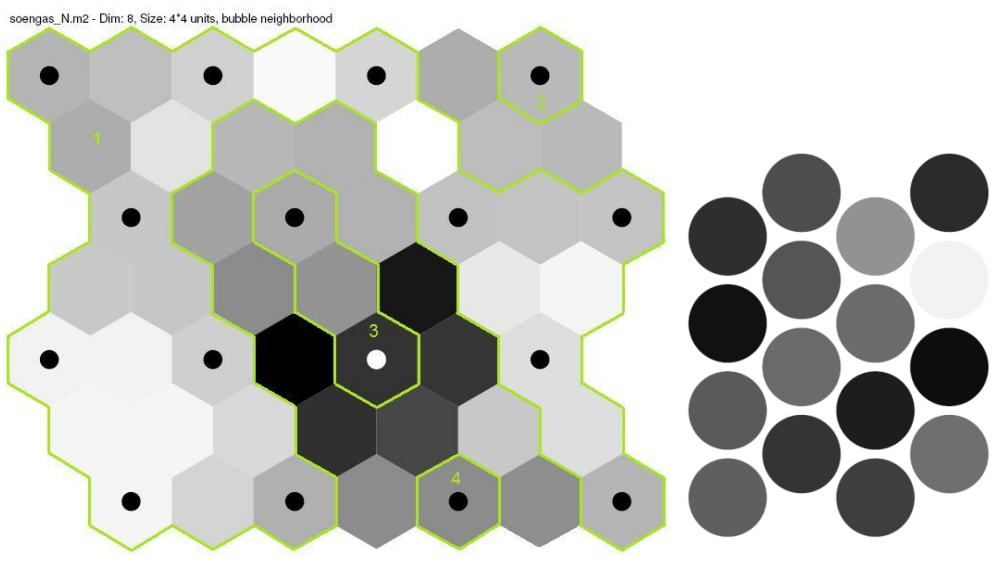


Figura 2.6: Matrizes U resultantes do treino do SOM para o lobo #4363-B durante o período noturno e exemplo de plano da variável “Distância à estrada asfaltada”.

ANEXO 3 – TESTE DE TUKEY APLICADO AOS CLUSTERS

Multiple Comparisons Tukey HSD Dependent					Multiple Comparisons Tukey HSD Dependent				
Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Declive	1	2	1.80062	2.49E-05	Dist_Rios12	1	2	86.86555	3.72E-13
	1	3	3.028869	1.90E-01		1	3	146.1187	3.72E-13
	1	4	2.087893	8.88E-01		1	4	100.7242	3.72E-13
	2	3	2.51003	7.86E-01		2	3	121.0889	8.60E-02
	2	4	1.218811	1.78E-07		2	4	58.79791	1.16E-08
	3	4	2.723475	3.42E-01		3	4	131.3859	9.41E-01
Altitude	1	2	41.88852	1.89E-09	Dist_Rios3	1	2	17.16403	8.57E-02
	1	3	70.46174	5.64E-01		1	3	28.87204	4.43E-01
	1	4	48.57146	1.49E-05		1	4	19.9024	6.15E-02
	2	3	58.39178	1.25E-02		2	3	23.92632	1.00E+00
	2	4	28.35367	5.30E-01		2	4	11.61806	8.60E-01
	3	4	63.35723	1.21E-01		3	4	25.96094	9.94E-01
Dist_Urbano	1	2	117.3499	4.14E-03	Dist_Trilho	1	2	65.37349	6.51E-03
	1	3	197.3973	3.37E-02		1	3	109.9664	3.75E-01
	1	4	136.0721	3.72E-13		1	4	75.80325	1.66E-09
	2	3	163.5835	8.29E-01		2	3	91.12937	9.78E-01
	2	4	79.43232	3.72E-13		2	4	44.25028	5.63E-09
	3	4	177.4942	3.72E-13		3	4	98.87873	8.73E-03
Dist_EstAsf	1	2	219.6862	1.02E-10	Dist_perc	1	2	225.3711	9.90E-01
	1	3	369.5397	1.21E-09		1	3	393.392	3.77E-13
	1	4	254.7352	3.72E-13		1	4	264.9025	5.46E-05
	2	3	306.2382	2.01E-02		2	3	332.1357	3.77E-13
	2	4	148.7021	3.72E-13		2	4	160.4064	8.54E-11
	3	4	332.2798	1.28E-06		3	4	360.1324	3.77E-13

Tabela 3.1: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro Clusters obtidos para o lobo #4363, durante o período diurno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Dependent

Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Altitude	1	2	75.6406	0.1842	Dist_Rios12	1	2	185.49783	0.021
	1	3	41.87115	0.3285		1	3	102.68306	0.8906
	1	4	28.14119	0.8463		1	4	69.012284	1E-06
	1	5	32.44848	5E-13		1	5	79.575305	5E-13
	2	6	24.88758	5E-13		1	6	61.033262	2E-05
	2	3	85.84702	0.8951		2	3	210.52765	0.214
	2	4	80.05276	0.4751		2	4	196.31804	0.8969
	2	5	81.66653	0.8032		2	5	200.27558	5E-13
	2	6	78.96778	0.0311		2	6	193.65727	0.676
	3	4	49.39776	0.9019		3	4	121.141	0.2369
	3	5	51.97226	0.0028		3	5	127.4546	5E-13
	3	6	47.61936	2E-10		3	6	116.77973	0.5902
	4	5	41.7115	1E-07		4	5	102.29154	5E-13
	4	6	36.14328	5E-13		4	6	88.636271	0.9487
5	6	39.58932	0.0087	5	6	97.087189	5E-13		
Declive	1	2	3.820002	1	Dist_Rios3	1	2	33.845613	5E-13
	1	3	2.114578	0.1445		1	3	18.735374	0.982
	1	4	1.421187	3E-09		1	4	12.591862	0.9541
	1	5	1.638714	5E-12		1	5	14.519172	6E-07
	1	6	1.256873	2E-05		1	6	11.136023	1
	2	3	4.335448	0.7479		2	3	38.41251	5E-13
	2	4	4.042826	0.1324		2	4	35.81985	5E-13
	2	5	4.124324	0.0191		2	5	36.541936	5E-13
	2	6	3.988032	0.5078		2	6	35.33437	5E-13
	3	4	2.494686	0.5676		3	4	22.103176	1
	3	5	2.624704	0.0672		3	5	23.255145	0.0422
	3	6	2.404874	0.9983		3	6	21.307427	0.9864
	4	5	2.106515	0.6764		4	5	18.663937	0.0027
	4	6	1.825309	0.534		4	6	16.172421	0.978
5	6	1.99934	0.0243	5	6	17.714361	7E-05		

Tabela 3.2: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4363, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Dependent

Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Dist_Urb	1	2	301.375	0.8622	Dist_Trilho	1	2	155.24	0.6497
	1	3	166.828	0.95879		1	3	85.931	0.9993
	1	4	112.123	5.4E-13		1	4	57.754	1E-12
	1	5	129.285	0.00163		1	5	66.593	0.3333
	1	6	99.1598	0.98412		1	6	51.076	1
	2	3	342.041	0.99123		2	3	176.18	0.8498
	2	4	318.955	1.6E-12		2	4	164.29	0.0005
	2	5	325.385	0.99668		2	5	167.6	0.9904
	2	6	314.632	0.77894		2	6	162.06	0.7223
	3	4	196.816	5.4E-13		3	4	101.38	4E-05
	3	5	207.073	0.50132		3	5	106.66	0.9239
	3	6	189.73	0.88189		3	6	97.728	0.9999
	4	5	166.191	5.4E-13		4	5	85.604	4E-10
	4	6	144.006	5.4E-13		4	6	74.176	2E-08
	5	6	157.736	0.00454		5	6	81.248	0.6298
	Dist_EstAsf	1	2	472.718		0.06272	Dist_Perc	1	2	376.81	0.3648
1		3	261.675	0.99986	1	3		208.58	5E-13
1		4	175.869	5.4E-13	1	4		140.19	1E-11
1		5	202.788	5.3E-07	1	5		161.64	0.9152
1		6	155.536	5.4E-13	1	6		123.98	0.7008
2		3	536.504	0.10661	2	3		427.65	5E-13
2		4	500.292	5.4E-13	2	4		398.79	0.9764
2		5	510.377	0.99939	2	5		406.83	0.2308
2		6	493.512	2.3E-07	2	6		393.38	0.7106
3		4	308.713	5.4E-13	3	4		246.08	5E-13
3		5	324.802	0.00319	3	5		258.9	5E-13
3		6	297.599	1.7E-05	3	6		237.22	5E-13
4		5	260.677	5.4E-13	4	5		207.79	2E-07
4		6	225.879	7.6E-13	4	6		180.05	4E-05
5		6	247.415	5.4E-13	5	6		197.22	0.5106

Tabela 3.2 (continuação): Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4363, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Variable Cluster Std. Error Sig.

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Variable Cluster Std. Error Sig.

Altitude	1	2	50.852685	8E-05	Dist_Rios12	1	2	74.247411	0.685
	1	3	69.392378	0.002		1	3	101.31627	0.446
	1	4	40.063708	3E-05		1	4	58.494976	3E-12
	2	3	84.461713	2E-07		2	3	123.31824	0.945
	2	4	62.638483	0.924		2	4	91.455252	7E-04
	3	4	78.440335	3E-07		3	4	114.52673	0.061
Declive	1	2	1.5390193	0.004	Dist_Rios3	1	2	15.829175	2E-11
	1	3	2.1001095	0.338		1	3	21.600119	0.99
	1	4	1.2124988	0.003		1	4	12.470835	0.443
	2	3	2.5561719	0.003		2	3	26.290828	4E-05
	2	4	1.8957078	0.942		2	4	19.4978	1E-05
	3	4	2.3739393	0.007		3	4	24.416523	0.733
Dist_Urb	1	2	209.09113	0.027	Dist_Trilho	1	2	93.382195	0.941
	1	3	285.32083	0.004		1	3	127.42715	0.011
	1	4	164.73006	6E-10		1	4	73.570098	0.047
	2	3	347.28146	5E-05		2	3	155.09938	0.021
	2	4	257.55082	0.205		2	4	115.02478	0.146
	3	4	322.52334	2E-09		3	4	144.04216	0.492
Dist_EsAsf	1	2	304.54335	2E-07	Dist_perc	1	2	93.792654	4E-13
	1	3	415.57269	0.007		1	3	127.98725	5E-13
	1	4	239.931	4E-13		1	4	73.893473	0.977
	2	3	505.81897	2E-08		2	3	155.78112	0.941
	2	4	375.12539	0.013		2	4	115.53037	4E-13
	3	4	469.75852	4E-13		3	4	144.67529	2E-10

Tabela 3.3: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4364, durante o período diurno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons Tukey HSD					Multiple Comparisons Tukey HSD				
Dependent					Dependent				
Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Altitude	1	2	13.07874	0.01386	Dist_Urb	1	2	55.303212	6.852E-05
	1	3	20.78142	2.7E-13		1	3	87.873871	2.665E-13
	1	4	32.92268	2.7E-13		1	4	139.21296	2.665E-13
	1	5	9.808384	2.7E-13		1	5	41.474574	2.665E-13
	2	3	22.83918	4.1E-12		2	3	96.575069	2.665E-13
	2	4	34.25877	2.7E-13		2	4	144.8626	2.665E-13
	2	5	13.6369	2.7E-13		2	5	57.663394	2.665E-13
	3	4	37.8745	4.4E-05		3	4	160.15163	0.9912993
	3	5	21.13715	2.7E-13		3	5	89.378067	0.5687455
	4	5	33.14837	0.0394		4	5	140.16729	0.5835906
Declive	1	2	0.731665	0.00128	Dist_Estaf	1	2	111.79863	2.665E-13
	1	3	1.162577	0.00063		1	3	177.6421	2.665E-13
	1	4	1.841796	0.90286		1	4	281.42702	1.991E-11
	1	5	0.548711	0.85124		1	5	83.843244	2.665E-13
	2	3	1.277694	8.2E-08		2	3	195.23207	2.665E-13
	2	4	1.916542	0.14109		2	4	292.84811	0.2592231
	2	5	0.76289	0.00012		2	5	116.56988	2.665E-13
	3	4	2.118816	0.60216		3	4	323.75577	0.0025111
	3	5	1.182478	0.00479		3	5	180.68292	0.3199157
	4	5	1.854422	0.9781		4	5	283.35626	0.025084

Tabela 3.4: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4364, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons Tukey HSD				Multiple Comparisons Tukey HSD					
Dependent				Dependent					
Variable	Cluster	Std. Error	Sig.	Variable	Cluster	Std. Error	Sig.		
Dist_Rios12	1	2	36.41142	2.7E-13	Dist_Trilho	1	2	38.584688	2.665E-13
	1	3	57.85581	2.2E-07		1	3	61.309023	0.4108036
	1	4	91.65727	0.02682		1	4	97.127966	0.1324133
	1	5	27.3067	0.287		1	5	28.936538	2.665E-13
	2	3	63.58465	2.7E-13		2	3	67.379792	2.379E-07
	2	4	95.37697	0.12833		2	4	101.06969	4.605E-11
	2	5	37.96535	2.7E-13		2	5	40.231372	2.665E-13
	3	4	105.4432	2.1E-07		3	4	111.73674	0.0240931
	3	5	58.84617	1.9E-09		3	5	62.358491	2.758E-13
	4	5	92.28559	0.12906		4	5	97.793798	0.3312207
Dist_Rios3	1	2	9.343324	1E-06	Dist_perc	1	2	88.228613	0.9933889
	1	3	14.84605	2.7E-13		1	3	140.19059	0.9999938
	1	4	23.51964	0.0189		1	4	222.09498	2.665E-13
	1	5	7.007014	0.01559		1	5	66.166936	0.5841567
	2	3	16.31609	7.5E-13		2	3	154.07214	0.9980592
	2	4	24.47413	0.89979		2	4	231.10821	2.665E-13
	2	5	9.74207	4.9E-12		2	5	91.993956	0.5891683
	3	4	27.05717	0.00115		3	4	255.49974	2.665E-13
	3	5	15.10018	2.7E-13		3	5	142.59032	0.9735364
	4	5	23.68087	0.00075		4	5	223.61749	2.665E-13

Tabela 3.4 (continuação): Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4364, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Variable Cluster Std. Error Sig.

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent

Variable Cluster Std. Error Sig.

Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Altitude	1	2	17.99	2.4E-07	Dist_Rios12	1	2	45.92	0.998
	1	3	25.68	0.0005		1	3	65.55	2E-04
	1	4	15.9	4.6E-13		1	4	40.57	1E-04
	2	3	31.03	0.99991		2	3	79.19	0.003
	2	4	23.58	4.6E-13		2	4	60.18	0.031
	3	4	29.86	4.6E-13		3	4	76.22	4E-08
Declive	1	2	0.806	2.2E-05	Dist_Rios3	1	2	11.05	0.984
	1	3	1.151	0.91439		1	3	15.77	0.06
	1	4	0.712	4.6E-13		1	4	9.761	0.875
	2	3	1.39	0.00682		2	3	19.06	0.244
	2	4	1.056	0.02866		2	4	14.48	0.862
	3	4	1.338	2E-07		3	4	18.34	0.052
Dist_Urb	1	2	57.45	0.93536	Dist_Trilho	1	2	28.45	0.169
	1	3	82.01	4.7E-13		1	3	40.62	5E-13
	1	4	50.75	4.6E-13		1	4	25.14	5E-13
	2	3	99.08	2.9E-09		2	3	49.07	5E-13
	2	4	75.29	4.6E-13		2	4	37.29	8E-11
	3	4	95.35	4.6E-13		3	4	47.23	5E-13
Dist_EstAsf	1	2	93.65	2.8E-09	Dist_perc	1	2	54.22	5E-13
	1	3	133.7	0.60548		1	3	77.4	0.975
	1	4	82.73	0.00023		1	4	47.9	0.013
	2	3	161.5	0.04507		2	3	93.51	5E-13
	2	4	122.7	8.4E-13		2	4	71.06	5E-13
	3	4	155.4	0.00636		3	4	90	0.593

Tabela 3.5: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4363-B, durante o período diurno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Multiple Comparisons Tukey HSD Dependent					Multiple Comparisons Tukey HSD Dependent				
Variable	Cluster		Std. Error	Sig.	Variable	Cluster		Std. Error	Sig.
Altitude	1	2	12.96973	1E-12	Dist_Rios12	1	2	27.307513	1E-12
	1	3	19.75914	1.9E-09		1	3	41.602485	3.8E-11
	1	4	28.75264	1E-12		1	4	60.538125	0.00012
	2	3	23.00391	1E-12		2	3	48.434284	0.80973
	2	4	31.07203	1E-12		2	4	65.421539	1.2E-12
	3	4	34.46274	0.00011		3	4	72.560625	1.5E-12
Declive	1	2	0.508691	1E-12	Dist_Rios3	1	2	5.9514948	1E-12
	1	3	0.774981	1E-12		1	3	9.0669908	0.99948
	1	4	1.127718	0.00142		1	4	13.19389	0.01327
	2	3	0.902245	0.00538		2	3	10.555937	1E-12
	2	4	1.218688	2.7E-11		2	4	14.258199	7.3E-10
	3	4	1.351676	1E-12		3	4	15.814116	0.06634
Dist_Urb	1	2	36.61213	1E-12	Dist_Trilho	1	2	11.901645	1E-12
	1	3	55.77789	1E-12		1	3	18.131933	1E-12
	1	4	81.16556	1E-12		1	4	26.3848	1E-12
	2	3	64.93752	1E-12		2	3	21.10949	1E-12
	2	4	87.71292	0.00216		2	4	28.513176	1.8E-05
	3	4	97.28454	0.00647		3	4	31.624659	1E-12
Dist_EstAsf	1	2	51.40302	0.00105	Dist_perc	1	2	92.506706	2.6E-12
	1	3	78.31153	2.5E-12		1	3	140.93223	0.00035
	1	4	113.9555	1E-12		1	4	205.07845	1.2E-07
	2	3	91.17155	1E-12		2	3	164.07558	0.89866
	2	4	123.148	1E-12		2	4	221.62146	1E-12
	3	4	136.5864	1E-12		3	4	245.80577	2.2E-11

Tabela 3.6: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os quatro *Clusters* obtidos para o lobo #4363-B, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

ANEXO 4 – TESTE DE TUKEY APLICADO AOS LOBOS

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable

Variable	Lobo		Sig.
Altitude	1	2	0.7609
	1	3	5E-09
	3	2	5E-09
Declive	1	2	0.168
	1	3	5E-09
	2	2	5E-09
Dist_Urbano	1	2	5E-09
	1	3	8E-09
	3	2	5E-09
Dist_EstAsf	1	2	5E-09
	1	3	5E-09
	3	2	5E-09
Dist_Rios12	1	2	0.013
	1	3	0.683
	3	2	2E-05
Dist_Rios3	1	2	0.1183
	1	3	0.9804
	3	2	0.0452
Dist_Trilho	1	2	5E-09
		3	5E-09
	3	2	5E-09
Dist_perc	1	2	5E-09
	2	3	5E-09
	3	2	0.0031

Tabela 4.1: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os três lobos, durante o período diurno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

Tukey HSD			
Dependent Variable	(I) Lobo	(J) Lobo	Sig.
Altitude	1	2	0.0553332
	1	3	5.099E-09
	3	2	5.099E-09
Declive	1	2	5.132E-09
	1	3	0.0676605
	3	2	5.099E-09
Dist_Urb	1	2	5.099E-09
	1	3	1.048E-06
	3	2	5.099E-09
Dist_EstAsf	1	2	5.099E-09
	1	3	5.099E-09
	3	2	5.099E-09
Dist_Rios12	1	2	4.184E-05
	1	3	0.8974009
	3	2	3.279E-07
Dist_Rios3	1	2	0.0832997
	1	3	0.6365493
	3	2	0.1504073
Dist_Trilho	1	2	5.099E-09
	1	3	5.099E-09
	3	2	5.099E-09
Dist_Perc	1	2	0.0740253
	1	3	5.101E-09
	3	2	5.1E-09

Tabela 4.2: Aplicação do teste de Tukey às variáveis dependentes, entre os três lobos, durante o período noturno (Nível de significância < 0.05 assinalado a vermelho).

ANEXO 5 – COMPARAÇÃO DE CADA VARIÁVEL POR LOBO

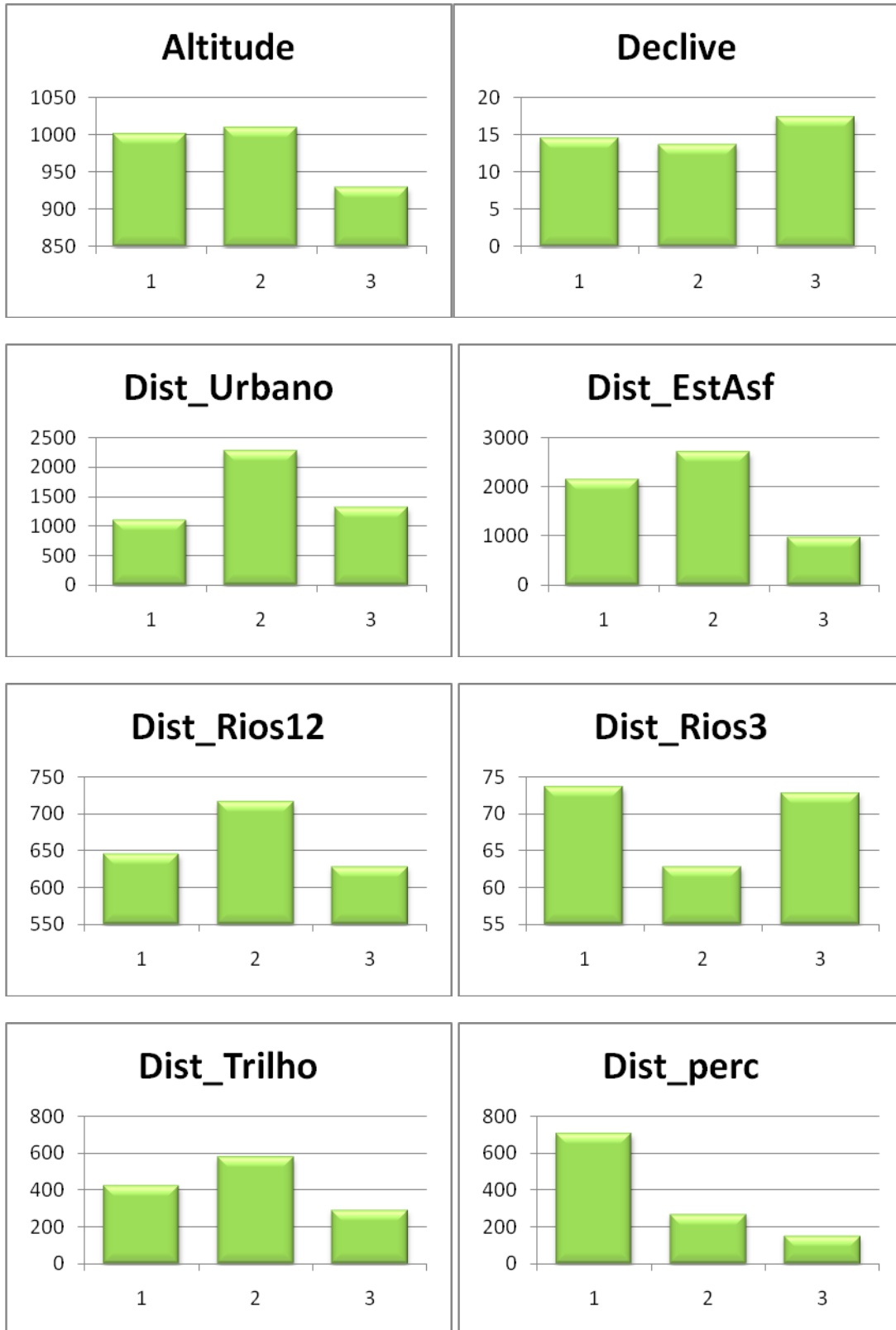


Figura 5.1: Valores médios de cada variável por lobo (1=lobo #4363; 2=lobo#4364; 3=lobo#4363-B) durante o período diurno.

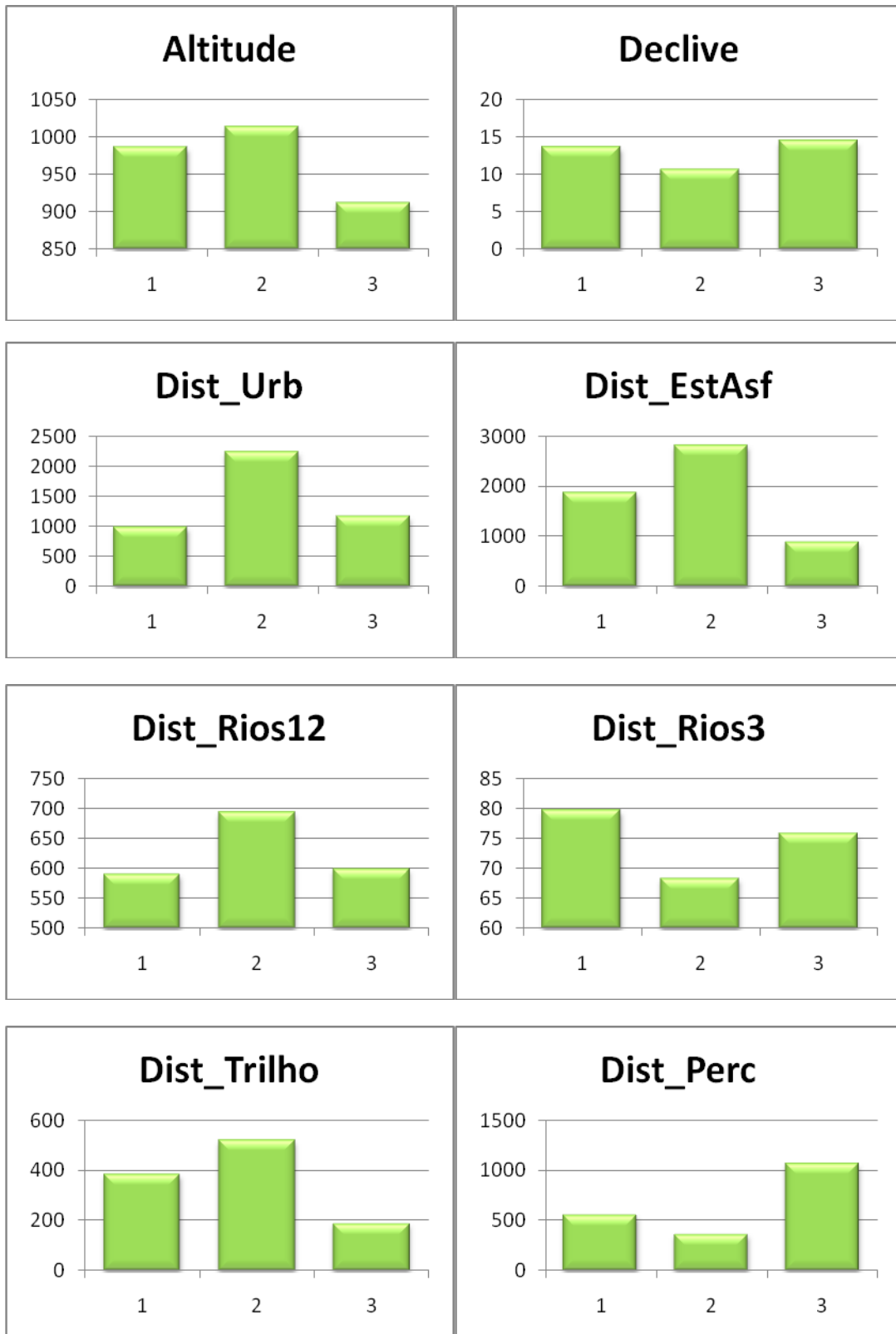


Figura 5.2: Valores médios de cada variável por lobo (1=lobo #4363; 2=lobo#4364; 3=lobo#4363-B) durante o período noturno.

