IX CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA
Geografia: Espaço, Natureza, Sociedade e Ciência
Universidade de Évora
28, 29 e 30 NOV 2013
ISBN: 978-972-99436-6-9

Corredores de ligação entre áreas protegidas com base na modelação espacial das perturbações ambientais

A.L. Gomes[1], L. Nunes[2], A. Fonseca[3]

1, 2, 3) Direção Geral do Território – DGT, Lisboa, Portugal
1) luisa.gomes@dgterritorio.pt; 2) lara.nunes@dgterritorio.pt; 3) afonseca@dgterritorio.pt

Resumo

Este projecto pretende conduzir à identificação de parcelas lineares que permitam a migração das espécies selvagens, contribuindo para aumentar a conectividade entre os habitats fragmentados. Para tal, foi criado um sistema pericial multicritério para a modelação espacial das perturbações ambientais, reflexo da influência humana no território. Neste sistema, a modelação espacial da influência humana baseia-se em três grandes temas, considerados representativos das principais perturbações ambientais: presença humana, poluição do habitat e uso/ocupação do solo. Cada um destes temas é constituído por um conjunto de variáveis espaciais que pretendem representar os diversos impactes provenientes das actividades humanas, gerando um gradiente de perturbações ambientais, que constitui a base para a identificação de corredores preferenciais para o atravessamento das espécies entre as áreas protegidas. Pretende-se testar esta nova estratégia para identificação de corredores entre áreas protegidas através do estudo do Lobo-ibérico, uma espécie da vida selvagem considerada sensível à presença e às actividades humanas.

Palavras chave: *modelação espacial, corredores, áreas protegidas, perturbações ambientais*

1. Enquadramento

As paisagens Portuguesas, caracterizadas pela sua longa história de humanização, evidenciam actualmente uma clara tendência para o despovoamento e consequente abandono das actividades agrícolas. Surge assim, a oportunidade de aplicar o conceito de *Rewilding*, como um retorno à vida selvagem, associado ao conceito de *wilderness*, como estratégia de conservação que se baseia fundamentalmente nos processos naturais de recuperação, que tornam os ecossistemas auto-sustentáveis, envolvendo apenas medidas proteccionistas relativas às actividades humanas e, quando necessário, a reintrodução de espécies-chave (Brown *et al.*, 2011).

De um ponto de vista de conservação, a opção entre apostar nos processos naturais (*rewilding*) ou numa gestão activa, dependerá dos objectivos e do contexto local (Navarro & Pereira, 2012). A gestão activa tenderá a ser a opção preferencial quando o objectivo é o de proteger determinadas espécies ou manter habitats prioritários, enquanto que a gestão passiva, que privilegia os processos ecológicos dinâmicos, pode

ISBN: 978-972-99436-6-9

ser mais sustentável a longo prazo ou mais adequada para grandes áreas de conservação e provavelmente menos dispendiosa.

Num mundo em mudança, o planeamento da conservação representa uma tarefa desafiadora (Kujala *et al.*, 2013), as abordagens estáticas tornam-se desadequadas no actual contexto de rápida alteração territorial. Por outro lado, em resposta às alterações climáticas, num futuro em permanente mudança, muitas espécies serão obrigadas a deslocar-se (Bengtsson *et al.*, 2003), tendo já sido detectados muitos desses movimentos, especialmente migrações em altitude. (Parmesan, 2006). Para tal, torna-se necessário identificar corredores de conectividade entre os habitats adequados (Williams *et al.*, 2005; Opdam, 2004), criando soluções que se comprometam com as necessidades actuais de conservação e que, simultaneamente, criem maiores benefícios futuros (Kujala *et al.*, 2013). Tais soluções incluem a implementação de mecanismos para a uma gestão integrada das zonas rurais que facilite o movimento de espécies entre áreas de conservação (Araújo *et al.*, 2011).

2. Objetivos do projeto

O presente trabalho integra-se no projecto de investigação CVS – *Corredores para a vida selvagem: Modelação espacial da pressão humana e a sua utilidade para a conservação do Lobo Ibérico*, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PTDC/AAC-AMB/111457/2009). O projecto CVS pretende conduzir ao desenvolvimento de uma metodologia de modelação espacial que contribua para quebrar o isolamento entre as áreas protegidas do Continente, através da identificação de corredores de ligação, onde a presença humana e o seu impacto sejam menores e, deste modo, mais adequados ao tipo de conservação *rewilding,* correspondendo a caminhos preferenciais que permitam o fluxo de indivíduos selvagens existentes. Para alcançar este objectivo, é desenvolvido um modelo espacial que gera um mapa do gradiente das perturbações ambientais derivadas da presença e actividades humanas, que serve de base para a identificação de corredores de menor perturbação antropogénica para a movimentação das espécies selvagens entre as áreas protegidas.

Pretende-se posteriormente, validar esta nova estratégia para a identificação de corredores utilizando uma espécie "*umbrella*", o lobo-ibérico, um predador de topo na cadeia alimentar considerado sensível à presença e actividades humanas. Para tal, o

ISBN: 978-972-99436-6-9

projecto permitirá aprofundar o conhecimento sobre a distribuição desta espécie, através do estudo da sua localização e movimentação nos corredores propostos.

3. Modelação espacial das perturbações ambientais

Os processos metodológicos para a modelação espacial das perturbações ambientais derivadas das actividades humanas são desenvolvidos com base no trabalho de investigação "*Áreas de Wilderness para a Conservação da Vida Selvagem*" (Gomes, 2005). Assim, considera-se que a modelação espacial da influência humana se baseia em três grandes temas, considerados representativos das principais perturbações ambientais: presença humana, poluição do habitat e uso/ocupação do solo (Gomes *et al.*, 2011, Gomes *et al.*, 2013). Estes temas podem ser representados de forma contínua no território, criando um gradiente de valores entre os respectivos extremos (Figura 1).

Presença humana – pretende quantificar a perturbação resultante da presença de pessoas no meio.

Poluição do habitat – pretende quantificar a perturbação ambiental (sonora e química) proveniente das principais fontes poluentes lineares e pontuais.

Uso e Ocupação do solo – pretende quantificar a dificuldade de progressão, movimentação ou utilização do meio pelas espécies selvagens, causada pelo tipo de utilização do solo.

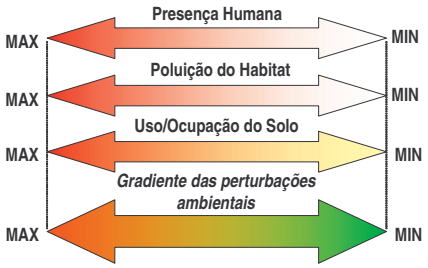


Figura 1 – Fatores que influenciam o gradiente das perturbações ambientais.

Considerando que a valoração dos critérios que traduzem as perturbações ambientais derivadas das actividades humanas varia com o grau de sensibilidade das espécies e não se encontra quantificada cientificamente para a maioria dos casos, desenvolveu-se um sistema pericial multi-critério para a obtenção de um gradiente de perturbações ambientais mais próximo do seu real valor, através do qual se procedeu à consulta de peritos na área do ambiente e da conservação da vida selvagem.

Foi selecionado um conjunto de peritos com conhecimento e experiência nos temas da vida selvagem terrestre, conservação da natureza, ambiente, avaliação de impactes ambientais e ordenamento do território. O facto de os peritos representarem interesses e níveis de conhecimento diversos sobre impactes ambientais, ecologia e limitações das espécies selvagens, contribui para uma maior abrangência nas respostas obtidas conduzindo a um gradiente de perturbação humana no território que tenderá a refletir melhor a realidade para essas espécies. Pretendeu-se que os inquiridos respondessem às

ISBN: 978-972-99436-6-9

diversas questões do formulário CVS (Gomes *et al.*, 2013) no sentido de avaliarem a perturbação para as espécies selvagens numa escala de 1 a 10, de acordo com um grupo biológico específico. Foi-lhes também pedido que indicassem quais consideravam ser os raios máximos de influência das perturbações ambientais provocadas pelas vias e pelas indústrias, bem como a largura mínima dos corredores ecológicos.

Foram obtidas 51 respostas ao formulário CVS. Todos os peritos inquiridos possuem formação superior, em que mais de 25% são doutorados, distribuindo-se pelas seguintes áreas de formação (Figura 2).

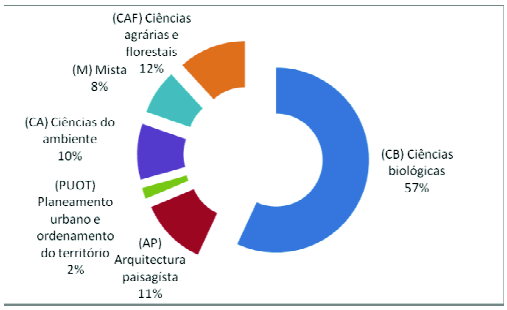


Figura 2 – Peritos por áreas de formação.

Procurou-se analisar se os peritos se subdividiam em grupos e se esses grupos tinham a ver com o grupo biológico sobre o qual responderam ou com a sua área de formação, de forma a escolher um ou mais perfis de peritos para o modelo de gradiente ambiental. Para tal, foram feitas várias análises de correlações e de componentes principais (PCA), bem como análises de *clusters* hierárquicos (HCA) sobre a matriz de distâncias das respostas. Da análise das correlações não paramétricas de *Kendall* entre respostas dos peritos, observou-se que 95% apresentou uma correlação positiva e mais de 31% dos pares de peritos mostraram-se fortemente correlacionados, com um valor de correlação superior a 0.5, não se verificando assim tendências contraditórias entre peritos. Da análise dos resultados dos PCAs e HCAs, não foi observado um agrupamento de tendências de resposta quer por grupo biológico, quer por tipo de formação, pelo que se agregaram as respostas num único perfil para o modelo espacial.

Como as distribuições dos valores atribuídos nas respostas não mostraram normalidade estatística, calculou-se o valor mediano de perturbação do conjunto de respostas dos peritos para cada pergunta, valores que se apresentam no Quadro 1. Estes valores medianos de perturbação foram utilizados para a classificação das variáveis para a modelação espacial das perturbações ambientais. Todas as variáveis cartográficas, com representação para todo o continente, que constituem a base de dados espacial foram convertidas para o formato matricial com uma resolução de 100mX100m, o que corresponde a uma célula com a dimensão de um hectare (Gomes *et al.*, 2013).

Universidade de Évora
28, 29 e 30 NOV 2013
ISBN: 978-972-99436-6-9

Quadro 1 – Valores das medianas das respostas ao questionário CVS

Impacto da poluição (fontes poluentes: lineares e pontuais)	*Impacto do ruído*	*Impacto da pol. química*
Indústria (Classes)		
1: Aterro	4	5
2: Incineração de Resíduos	5	8
3: Pecuária Intensiva (porcos e aves)	5	6
4: Matadouros	4	5
5: Transformação de alimentos	5	6
6: Cerâmica/Vidro	5	6
7: Cimento	7	8
8: Pasta de Papel/Papel	6	8
9: Têxteis/Tintas	6	8
10: Refinaria/Produção de Hidrocarbonetos	7	9
11: Produção de Energia	6	8
12: Produção e Transformação de Metais	7	8
13: Química/Adubos /Farmacêutica	6	8
Rede viária e ferroviária		
1: Auto-estradas	7	6
2: Itinerários Principais e Complementares	6	6
3: Estradas Nacionais	6	5
4: Estradas Regionais	5	4
5: Estradas Municipais	3	3
6: Ferrovias simples	4	3
7: Ferrovias duplas	5	3

Impacto da presença humana (densidade populacional)	
1: Até 0,2 pessoas por hectare	2
2: De 0,2 até 0,6 pessoas por hectare	3
3: De 0,6 até 2 pessoas por hectare	5
4: De 2 até 6 pessoas por hectare	8
5: De 6 até 1000 pessoas por hectare	10

Distância máxima da perturbação ambiental – raio (metros)	
Rede viária e ferroviária	1 000m
Indústria	1 250m

Largura mínima dos corredores (metros)	
Largura mínima dos corredores	1 000m

Impacto do uso/ocupação do solo (nomenclatura CVS)			
1: urbano	9	23: florestas densas de folhosas com resinosas	1
2: comércio e equipamentos públicos e privados	8	24: florestas abertas de folhosas com resinosas	1
3: infrastruturas de produção de energia, de captação e ETA	7	25: florestas de eucalipto	3
4: industrias, portos, estaleiros, aeroportos	9	26: florestas de eucalipto / outras espécies florestais	3
5: pedreiras, aterros, lixeiras	8	27: florestas de invasoras / outras espécies florestais	3
6: áreas de lazer, verdes artificiais e zonas históricas	5	28: matos e vegetaçao rasteira	1
7: estufas e viveiros	5	29: cortes, novas plantações	4
8: pequenas parcelas agrícolas com habitações dispersas	3	30: áreas ardidas	5
9: culturas temporarias de sequeiro	2	31: praias e dunas	2
10: culturas temporarias de regadio	4	32: rocha nua e vegetação esparsa	2
11: arrozais	4	33: zonas húmidas	1
12: vinhas, pomares e olivais	3	34: salinas e aquicultura	4
13: pastagens e pastagens com vinha, pomar e olival	3	35: cursos de água (naturais e artificiais)	1
14: agricultura com espaços naturais e seminaturais	2	36: lagos, represas e charcas (naturais e artificiais)	3
15: espécies florestais com culturas temporárias de sequeiro	2	37: lagoas costeiras e estuários	2
16: espécies florestais com culturas temporárias de regadio	3	38: auto-estradas	9
17: espécies florestais com pastagens	2	39: itinerários principais e complementares	8
18: espécies florestais com vinha, pomar e olival	2	40: estradas nacionais	6
19: florestas densas de folhosas (exc. eucalipto e invasoras)	1	41: estradas regionais	5
20: florestas abertas de folhosas (exc. eucalipto e invasoras)	1	42: estradas municipais	4
21: florestas densas de resinosas	2	43: ferrovias simples	5
22: florestas abertas de resinosas	2	44: ferrovias duplas	7

Os principais processos de análise espacial para o cálculo da intensidade e da amplitude das perturbações ambientais centram-se em processos de análise de vizinhança (NS), reclassificação (Rec.) e álgebra de mapas. Após a reclassificação dos ficheiros matriciais iniciais, que altera o valor de cada célula de acordo com a classificação atribuída pelos peritos, segue-se o processo de análise espacial (NS) para calcular os valores da dispersão da perturbação pelo território, aplicando uma amplitude igual à distância da perturbação também atribuída pelos peritos. O valor do gradiente é obtido

Universidade de Évora
28, 29 e 30 NOV 2013
ISBN: 978-972-99436-6-9

através da soma ponderada de cada um dos mapas dos impactos de perturbação ambiental (reclassificados numa escala de 1 a 10), gerando um mapa que pretende representar a pressão humana directa ou indirecta sobre os habitats (Figura 3).

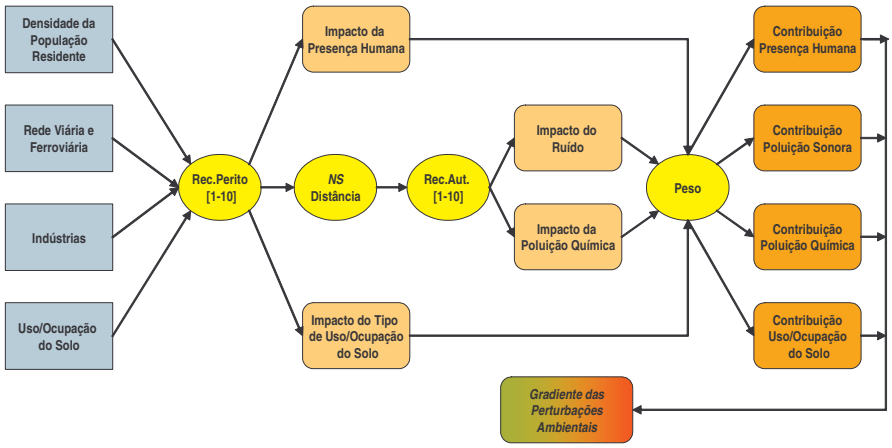


Figura 3 – Modelo geral dos principais processos de análise espacial.

A Figura 4 apresenta o esquema metodológico global da modelação espacial da dispersão das ameaças pelo território para a obtenção do gradiente de perturbações ambientais.

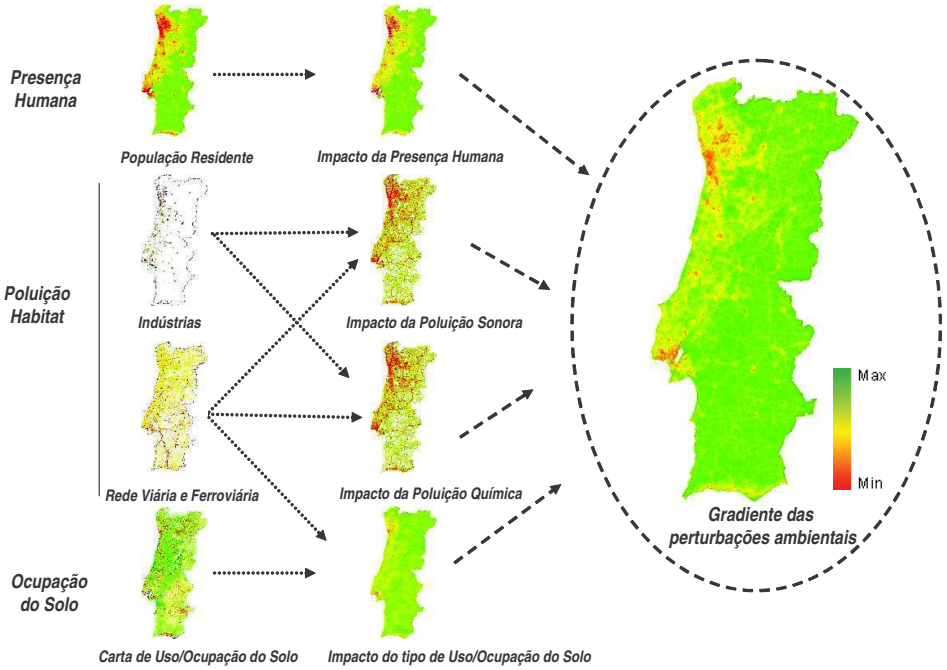


Figura 4 – Esquema metodológico global para obtenção do gradiente de perturbações ambientais.

ISBN: 978-972-99436-6-9

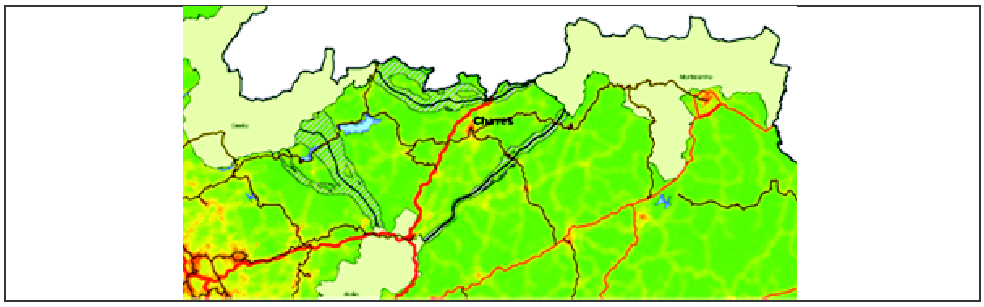
Embora o gradiente obtido com a representação espacial da avaliação pericial das perturbações ambientais dependa da informação de base e da subjectividade inerente ao próprio sistema pericial, considera-se representativo do conjunto de opiniões de 51 especialistas em diferentes áreas associadas ao tema em estudo. O gradiente de perturbações ambientais serviu de base para a identificação dos corredores de menor perturbação entre áreas importantes para a conservação, que serão validados com espécies sensíveis à perturbação antropogénica.

4. Corredores de ligação entre áreas protegidas com base no gradiente das perturbações ambientais

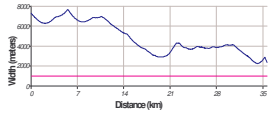
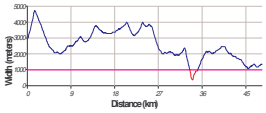
Como áreas importantes para a conservação consideram-se as Áreas Protegidas e as ZPE e os Sítios da Rede NATURA 2000. A identificação de corredores potenciais entre áreas protegidas foi realizada recorrendo ao software *Corridor Design* (Majka *et al.*, 2007) que opera sobre o ArcGis e que se baseia na função espacial *least-cost-path* sobre superfícies de custo, para gerar um conjunto de propostas de corredores entre duas áreas. Identifica também, através da extensão *Evaluation Tool*, a melhor rota central e um conjunto de estatísticas que permite avaliar a largura e as constrições do corredor, assim como, a qualidade do corredor proposto.

Para delinear os corredores de menor perturbação foi calculado o gradiente de *suitability* calculando o inverso do gradiente das perturbações ambientais. Procurou-se que pelo menos 90% de cada corredor apresentasse uma largura igual ou superior à proposta pelos peritos (Beier *et al.*, 2007), neste caso 1000m e, simultaneamente, evitasse as albufeiras maiores que 100ha, consideradas como uma barreira física para muitas espécies. O quadro 2 apresenta uma proposta de Corredores para a Vida Selvagem (CVS) de ligação entre três áreas classificadas, Gerês, Alvão e Montesinho.

Quadro 2 – Identificação e caracterização dos CVS propostos.



Universidade de Évora
28, 29 e 30 NOV 2013
ISBN: 978-972-99436-6-9

Gerês-Alvão	*Gerês-Montesinho*	*Alvão-Montesinho*
Caracterização morfológica ((C) - Comprimento da rota central; (Lmin) - Largura mínima; (Lmax) - Largura máxima; (Lmed) - Largura média, (%Lim) - Percentagem acima do limiar de largura considerada como mínima pelos peritos: 1 000 m; (At) – Área do corredor.)		
 C = 36 km Lmin = 1 900 m Lmax = 7 677 m Lmed = 4 820 m %Lim = 100	 C = 48 km Lmin = 365 m Lmax = 4 745 m Lmed = 2 569 m %Lim = 97	 C=52 km Lmin=975 m Lmax=2 531 m Lmed=1 547 m %Lim= 99
Caracterização do uso/ocupação do solo (nomenclatura CVS)		
O corredor abarca os Distritos de Vila Real e Braga. A classe de uso/ocupação mais frequente é a de "Matos e vegetação rasteira" com 29%, seguida de "Florestas densas de resinosas" a ocupar 18% e a classe "Florestas abertas de resinosas" que se estende por 11% do corredor.	Corredor totalmente incluído no distrito de Vila Real. Este corredor caracteriza-se pela dominância da classe de "Matos e vegetação rasteira" com 38%, seguido de "Rocha nua e vegetação esparsa" com 18%.	Inserido nos distritos de Bragança e Vila Real, este corredor caracteriza-se pela predominância de "Matos e vegetação rasteira" em mais de 20% da área, "Culturas temporárias de sequeiro" em 17%, "Florestas abertas de folhosas" em 15% do corredor e "Vinhas, pomares e olivais" em 13% da faixa.
Caracterização da perturbação ambiental (valores que variam de 1 a 100, em que 100 é o máximo de perturbação)		
A amplitude de valores de perturbação abrangidos pelo corredor situa-se entre os 10 e os 47, tendo 12 como valor mais frequente (moda) e mediano.	A amplitude de valores de perturbação abrangidos pelo corredor situa-se entre 10 a 58, sendo o limite mínimo 10 o valor mais frequente (moda) e 14 o valor da mediana.	A amplitude de valores de perturbação abrangidos pelo corredor situa-se entre 10 a 49, sendo o limite mínimo 10 o valor mais frequente (moda) e 16 o valor da mediana.
Pontos críticos à passagem das espécies (barreiras, estrangulamentos, entre outros)		
Salientamos a albufeira da barragem de Venda Nova no Concelho de Montalegre, embora apenas abarque menos de 1/3 da largura do principal corredor; a albufeira da barragem de Salamonde, na fronteira do corredor com a AP do Gerês e a EN103 que atravessa perpendicularmente o corredor.	Identificamos a A24 como potencial barreira física, acrescendo que é nessa região que o corredor assume uma largura inferior à recomendada pelos peritos durante 1596m e onde ocorrem os maiores valores de perturbação. Também a EN103 na fronteira com a AP do Gerês poderá constituir uma ameaça ao fluxo de indivíduos.	Duas estradas nacionais (EN103 e EN213) atravessam este corredor. Apenas 289m de corredor estão abaixo da largura recomendada (1000m).

De notar que se forçou a aplicação a trabalhar apenas em território nacional, pelo que junto à fronteira o corredor Gerês-Montesinho está sujeito a fortes constrangimentos de dimensão e percurso.

Comparando, numa primeira aproximação, os corredores gerados com base no gradiente de perturbações ambientais, com os dados relativos à distribuição do lobo ibérico (Pimenta *et al.*, 2005) obteve-se um resultado que evidencia um claro ajuste entre o desenho dos corredores e os dados de presença confirmada desta espécie sensível à presença humana (Figura 5).

ISBN: 978-972-99436-6-9

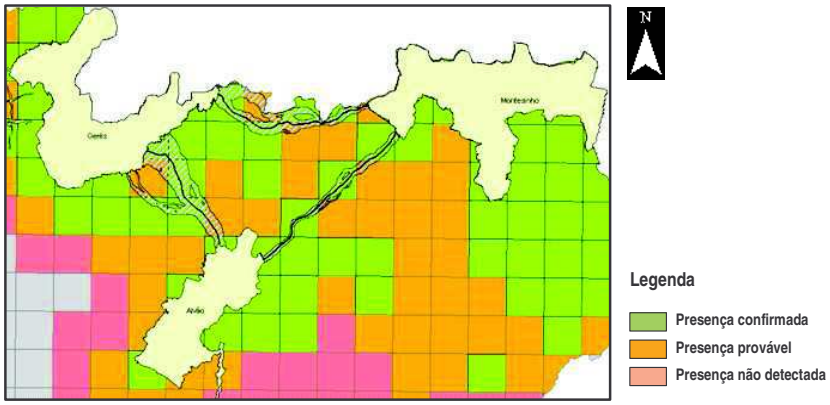


Figura 5 – CVS propostos e a distribuição do lobo-ibérico.

5. Desenvolvimentos futuros

A validação da adequalibidade dos CVS propostos e consequentemente do gradiente de perturbação que lhes serve de base será feita recorrendo à distribuição do lobo-ibérico, quer à sua distribuição potencial, identificando as áreas dos corredores com habitats adequados e com habitats a evitar, quer recorrendo a informação sobre a monitorização do lobo-ibérico, identificando nos corredores propostos a localização de alcateias, de locais de nidificação ou confirmando a ausência de lobos. Os próximos desenvolvimentos incluirão uma análise das restrições para a identificação dos CVS, nomeadamente a definição da largura máxima dos corredores e a identificação da máxima distância de ligação entre as APs. Serão ainda, propostas medidas mitigadoras para os pontos críticos identificados nos CVS.

Finalmente a metodologia será aplicada às restantes áreas protegidas do Continente. No futuro, pretende-se também alargar este estudo para as áreas fronteiriças espanholas, não considerando a fronteira com Espanha como uma limitação ao cálculo do gradiente.

6. Agradecimentos

Este trabalho, iniciado em 2011, está a ser desenvolvido no âmbito de um projecto de investigação financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/AAC-AMB/111457/2009). Os autores agradecem o apoio de todos os peritos que responderam ao formulário CVS, cuja participação foi crucial para a obtenção do gradiente de perturbações ambientais para a vida selvagem.

ISBN: 978-972-99436-6-9

7. Referências bibliográficas

- Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués Bravo, D. & Thuiller, W. (2011) Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters* 14: 484–492.
- Beier, P., Majka, D.R., Bayless, T. (2007). Linkage designs for Arizona's missing linkages. Arizona Game and Fish Department, Phoenix.
- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., (2003). Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio*, 32, 389-396.
- Brown, C., Mcmorran, R. & Price, M. (2011) Rewilding – A New Paradigm for Nature Conservation in Scotland?, *Scottish Geographical Journal*, 127:4, 288-314.
- Gomes, A.L. (2005) Áreas de Wilderness para a Conservação da Vida Selvagem. *Dissertação para acesso à categoria de Investigadora Auxiliar*, Instituto Geográfico Português.
- Gomes, A.L., Nunes, L., Fonseca, A. (2013) Sistema pericial para a modelação espacial das perturbações ambientais resultantes de actividades humanas. *II Conferência de PRU, Conferência Internacional EUROPA 2020*, 5 e 6 de Julho, Aveiro.
- Gomes, A.L.; Petrucci-Fonseca, F.; Costa, G.; Fonseca, A. (2011) Corredores para a Vida Selvagem com Base na Modelação Espacial das Perturbações Ambientais e a Sua Utilidade para a Conservação do Lobo-Ibérico: Processos Metodológicos. *17º Congresso da APDR: 5º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza*, 29 de Junho a 2 de Julho, 2011, Bragança.
- Kujala, H., Moilanen, A., Araújo M.B., Cabeza, M. (2013) Conservation Planning with Uncertain Climate Change Projections. PLoS ONE 8(2): e53315. doi:10.1371/journal.pone.0053315.
- Majka, D., Jenness, J., Beier, P. (2007). CorridorDesigner: ArcGIS tools for designing and evaluating corridors. Available at http://corridordesign.org.)
- Navarro, L. & Pereira, H. (2012) Rewilding Abandoned Landscapes in Europe. *Ecosystems*, 15: 900–912, DOI: 10.1007/s10021-012-9558-7.
- Opdam, P., Wascher, D. (2004) Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*. 117, 285.
- Parmesan, C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Annual Review of *Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Pimenta, V.; Barroso, I.; Álvares, F.; Correia, J.; Ferrão da Costa, G.; Moreira, L.; Nascimento, J.; Petrucci-Fonseca, F.; Roque. S. & Santos, E. (2005). Situação populacional do Lobo em Portugal: resultados do Censo Nacional 2002/2003. Relatório Técnico. ICN/Grupo Lobo. Lisboa, 158 pp.
- Williams, P., Hannah, L., Andelman, S., Midgley, G., Araújo, M., Hughes, G., Manne, L., Martinez-Meyer, E., Pearson, R. (2005) Planning for Climate Change: Identifying Minimum-Dispersal Corridors for the Cape Proteaceae. *Conservation Biology*, 19, 1063-1074.